

**ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСПЛКИ  
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»**

**ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ, УПРАВЛІННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
ФОРМА НАВЧАННЯ ДЕННА  
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СОЦІАЛЬНОЇ  
ІНФОРМАТИКИ**

**Допускається до захисту**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ О.О. Ємець  
(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

**на тему  
ТРЕНАЖЕР З ТЕМИ «ЗНАХОДЖЕННЯ ВЕКТОРУ ПРІОРИТЕТІВ ТА  
ВІДНОШЕННЯ УЗГОДЖЕННЯ В МЕТОДІ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ»  
ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА  
ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ»**

**зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»**

**Виконавець роботи** Гусар Михайло Васильович

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.  
(підпис)

**Науковий керівник** к.ф.-м.н., доц. Ємець Олександра Олегівна

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.  
(підпис)

**ПОЛТАВА 2020р.**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....	3
ВСТУП .....	4
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	6
2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД.....	8
3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	17
3.1. Матеріал і приклади за темою роботи .....	17
3.2. Алгоритмізація задачі за темою роботи .....	35
3.3. Розробка блок-схеми.....	57
4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	62
4.1. Обґрунтування вибору програмних засобів.....	62
4.2. Опис процесу програмної реалізації .....	64
4.3. Опис програми.....	70
4.4. Інструкція по використанню тренажера.....	74
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	81
ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ .....	83

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

Умовні позначення, символи, скорочення, терміни	Пояснення умовних позначень, скорочень, символів
MAI	метод аналізу ієрархій
IY	індекс узгодженості
BY	відношення узгодженості
BI	випадковий індекс
P <sub>i</sub>	компоненти вектора пріоритетів
$\lambda_{\max}$	максимальне власне число
Java	об'єктно-орієнтована мова програмування
NetBeans IDE	середовище розробки

## ВСТУП

Математика і вища математична освіта в сучасних умовах відіграють особливу роль у підготовці майбутніх фахівців у галузі математики, інформатики, комп'ютерних та інформаційних технологій, техніки, виробництва, економіки, управління як у плані формування певного рівня математичної культури, інтелектуального розвитку, так і в плані формування наукового світогляду, розуміння сутності практичної спрямованості математичних дисциплін, оволодіння методами математичного моделювання. При цьому рівень цієї підготовки повинен надати можливість студентам у майбутньому створювати і впроваджувати нові технології, теоретична база яких може бути ще не розробленою під час навчання.

Актуальною є проблема обґрунтування, створення та широке впровадження в повсякденну педагогічну практику інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій навчання математичних дисциплін у ВНЗ, використання яких надасть можливість активізувати навчально-пізнавальну і науково-дослідну діяльність студентів, підвищити рівень їхньої математичної і професійної підготовки, розкрити творчий потенціал і збільшити роль самостійної та індивідуальної роботи за рахунок застосування новітніх інформаційних та педагогічних технологій.

Мета роботи – створення тренажера з теми «Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій» для дистанційного курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень» та закріплення набутих умінь і навичок застосування базових концепцій програмування.

Об'єктом розробки в даній роботі є дистанційні технології навчання.

Предметом розробки – розробка програмного продукту, що реалізує тренажер для закріплення знань із знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій.

Головне завдання – розробити алгоритм роботи тренажера з теми «Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій», по якому буде реалізовано програмну реалізацію.

Методи розробки – методика застосування методу аналізу ієрархій, середовище розробки IDE NetBeans, об'єктно-орієнтована мова програмування Java.

Для можливості використання програми при викладанні даної дисципліни іноземним студентам для перевірки і закріплення знань пропонується вибір мови: українська та англійська.

Тренажер готовий до використання в дистанційному курсі «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

Робота складається з чотирьох розділів. У першому розділі розглянуто постановку задачі тренажеру. У другому розділі описано огляд математичних тренажерів, сервісів, та різних матеріалів, що стосується теми роботи. У третьому розділі представлено теоретичний матеріал і приклади за темою роботи, описано алгоритм роботи тренажеру та представлено його блок-схему. У четвертому розділі – описано обґрунтування вибору програмних засобів, процес програмної реалізації, опис програми і інструкцію по використанню тренажеру.

Обсяг пояснювальної записки: 108 стор., в т.ч. основна частина - 74 стор., джерела - 11 назв.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Так як слід розробити тренажер, як складову дистанційного курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень», то потрібно виконати наступні завдання:

- розглянути роботи із завданням, що аналогічне заданій темі;
- вказати позитивні аспекти оглянутих робіт і вади розробок;
- оглянути основні поняття методу аналізу ієрархій;
- оглянути приклади застосування методу аналізу ієрархій, приділити увагу саме знаходженню вектору пріоритетів та відношення узгодженості;
- розробити алгоритм роботи тренажеру з теми «Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій» та його блок-схему;
- описати вибір програмного забезпечення і, використовуючи його, створити тренажер;
- описати створену програмну реалізацію і роботу програми.

В алгоритмі слід реалізувати декілька прикладів застосування методу аналізу ієрархій, але більш детально виділити процеси знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості. При невірній відповіді на поставлене завдання потрібно виводити підказку, що вказує розрахункові формули або пояснення про помилку.

На стартовій панелі тренажеру повинно:

- виводитися основна інформація про нього (тема, розробник);
- надаватися можливість вибрати мову, на якій буде відображатися весь вміст програми (українська або англійська);
- надаватися вибір задачі, яку слід буде розв'язати, і перехід до неї;
- надаватися можливість закрити програму.

При розробці тренажеру необхідно розробити можливість відображення умови задачі, розрахункових формул та завантаження шаблону прикладу в Excel для полегшення обчислень, які потрібно буде зробити при проходженні тренажеру. Оскільки планується реалізація декількох прикладів, то для кожного слід виводити свій шаблон.

В описі програмної реалізації слід описати основні етапи програмування, вказати основні створенні функції, події. Потім необхідно описати можливості розробленого тренажеру та інструкцію користувача, що дозволить зрозуміти, як працює програма і основні її кроки.

## 2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

За допомогою онлайн-калькулятора «Метод анализа иерархий» порталу «Новый семестр» робляться обчислення коефіцієнтів важливості для елементів кожного рівня - індекси узгодженості і відношення узгодженості. Першим кроком вибирається кількість рівнів ієрархії та кількість критеріїв на кожному з них (рис. 2.1) [3].

### Метод анализа иерархий

**Метод анализа иерархий** (Analytic Hierarchy Process - AHP), или подход аналитической иерархии предполагает декомпозицию проблемы на простые составляющие части и обработку суждений лица, принимающего решения (ЛПР). В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.

**НАЗНАЧЕНИЕ.** С помощью онлайн-калькулятора производятся вычисление коэффициентов важности для элементов каждого уровня - **индексы однородности и отношения однородности.**

Решение онлайн

Видеоинструкция

Оформление Word

**ИНСТРУКЦИЯ.** Укажите количество уровней иерархии. Затем введите число критериев на каждом уровне. Нажмите **Далее**.

Полученное решение сохраняется в файле **Word**.

Количество уровней иерархии: 2 ▾

Количество критериев на уровне №1: 2 ▾

Количество критериев на уровне №2: 2 ▾

**Далее**

Рисунок 2.1 – Онлайн-калькулятор «Метод анализа иерархий»

Другим кроком заповнюється коротка назва критерії першого рівня і матриця попарних порівнянь (рис. 2.2). На цьому ж кроці заповнюється коротка назва критерії і матриця попарних порівнянь для другого рівня (рис. 2.3).



Краткое название критериев уровня №1:

K1	K2	K3	K4	K5
----	----	----	----	----

Матрица парных сравнений для первого уровня иерархии:

1	5	3	7	6
1/5	1	1/3	5	3
1/3	3	1	6	3
1/7	1/5	1/6	1	1/3
1/6	1/3	1/3	3	1

Рисунок 2.2 – Заповнення короткої назви критерії першого рівня і матриці попарних порівнянь

Краткое название критериев уровня №2:

A	Б	В
---	---	---

Матрица парных сравнений для уровня иерархии №2:  
(для K1):

1	6	8
1/6	1	4
1/8	1/4	1

**Вычислить собственный вектор матрицы**

(для K2):

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Рисунок 2.3 – Заповнення короткої назви критерії другого рівня і матриці попарних порівнянь

Результат – детальний опис процесу розв’язування заданого прикладу із можливістю завантажити його у файлі Word. Також можна повернутися на крок назад, тобто до заповнення таблиць (рис. 2.4).

**Метод анализа иерархий**

$\lambda_{\max}=3.228$   
 $UC = \frac{3.228-3}{3-1} = 0.114$   
 $OC=0.114/0.58=0.197$

3. Осуществляем иерархический синтез. Последовательно определяем вектора приоритетов альтернатив  $W_E^A$  относительно элементов  $E_j^i$ , находящихся на всех иерархических уровнях. Вычисление векторов приоритетов проводится в направлении от нижних уровней к верхним с учетом конкретных связей между элементами, принадлежащими различным уровням. Вычисление производится путем перемножения соответствующих векторов и матриц.

					0,427	
0,696	0,333	0,667	0,2	0,634	0,185	0,5981792
0,24	0,333	0,0589	0,4	0,0971	0,259	0,20276808
0,0638	0,333	0,274	0,4	0,269	0,0358	0,1993658
					0,0938	

Максимальным элементом в матрице является 0.598. Следовательно, наиболее важным параметром при выборе будет являться А

Скачать в Word    Формат docx

Назад

Рисунок 2.4 – Результат роботи онлайн-калькулятора

В матеріалах V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформатика та системні науки» коротко розглядається алгоритм методу аналізу ієрархій (МАІ):

1. Проводимо декомпозицію проблеми.
2. Будуємо модель проблеми у вигляді ієрархії.
3. Розраховуємо експертне оцінювання переваг.
4. Будуємо локальні пріоритети.
5. Розраховуємо оцінки узгодженості висновків.
6. Синтез локальних пріоритетів.
7. Робимо висновки та пропозиції для прийняття рішення.

При програмній реалізації було використано Java-applets в середовищі розробки NetBeans [4].

Також було розглянуто тренажер з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій» [5].

На стартовій панелі виводиться основна інформація та пропонується розпочати проходження (рис. 2.5).

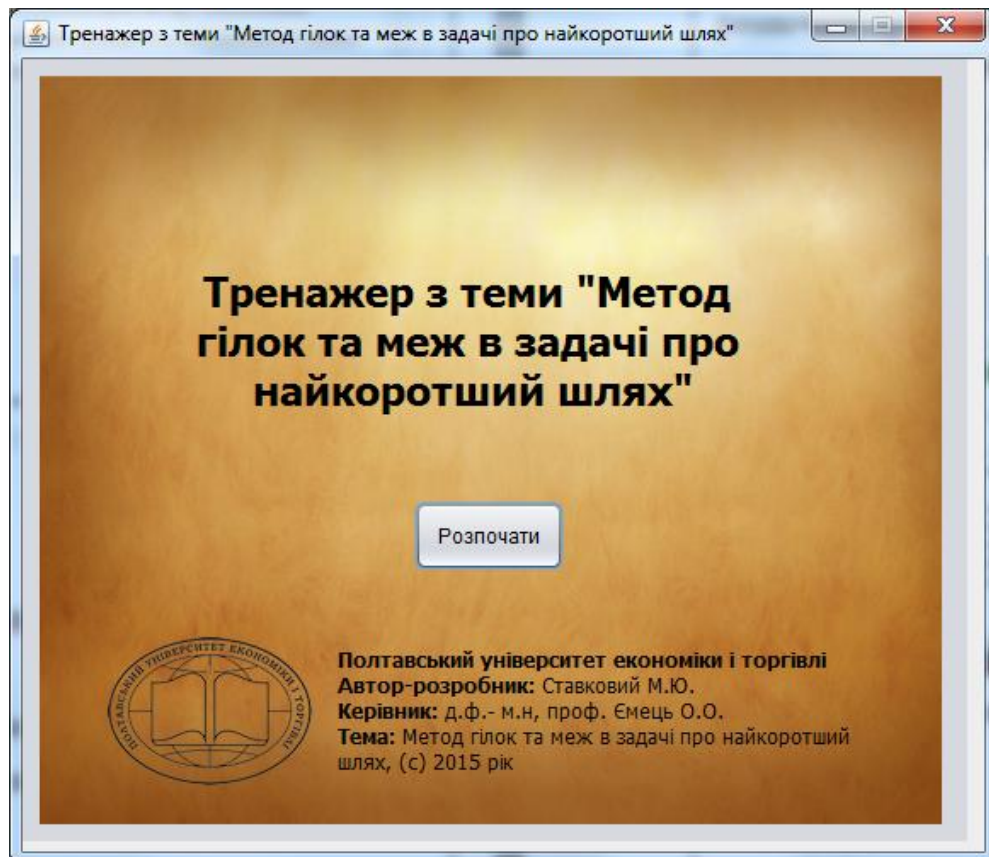


Рисунок 2.5 – Стартова панель тренажеру з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

Наступним кроком йде вибір прикладу з декількох можливих (рис. 2.6). Після цього відображається умова задачі (рис. 2.7).

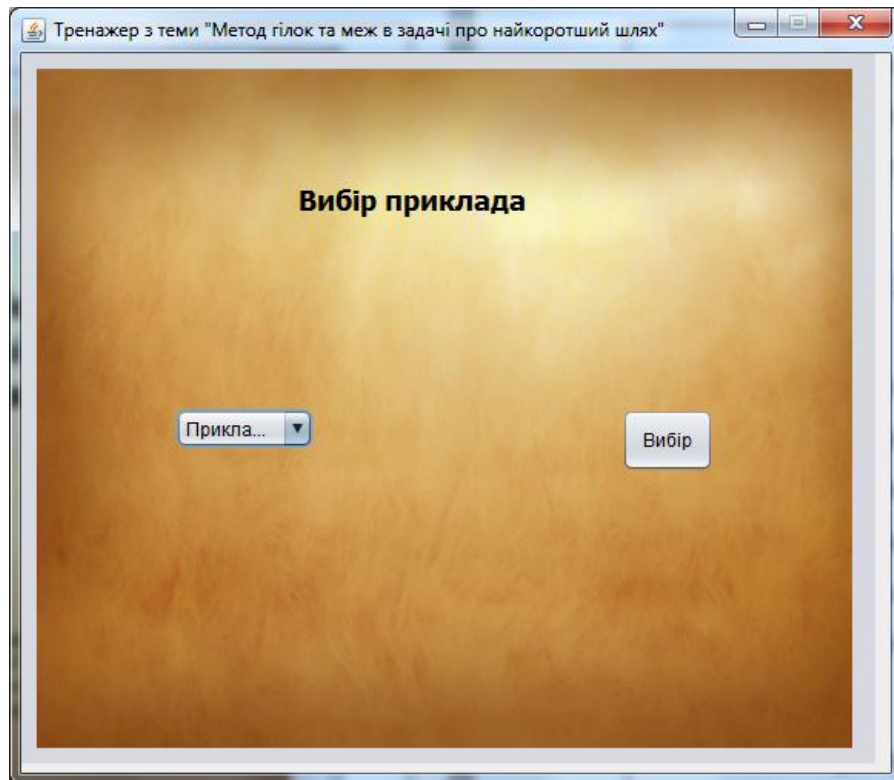


Рисунок 2.6 – Вибір прикладу в тренажері з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

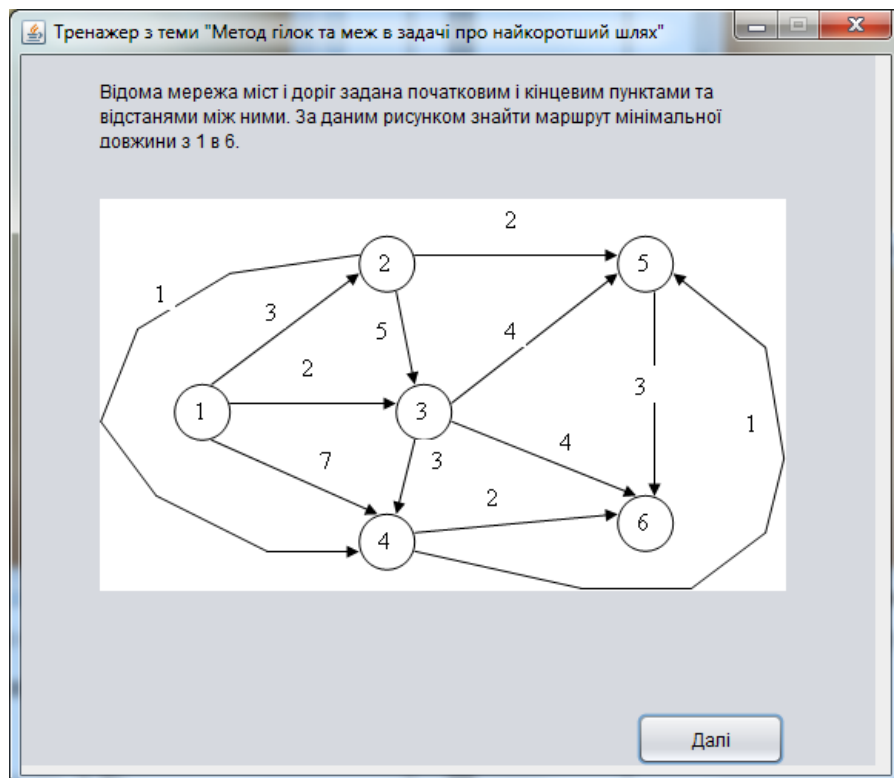


Рисунок 2.7 – Умова задачі в тренажері з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

Після умови виводиться завдання і варіанти відповіді (рис. 2.8).

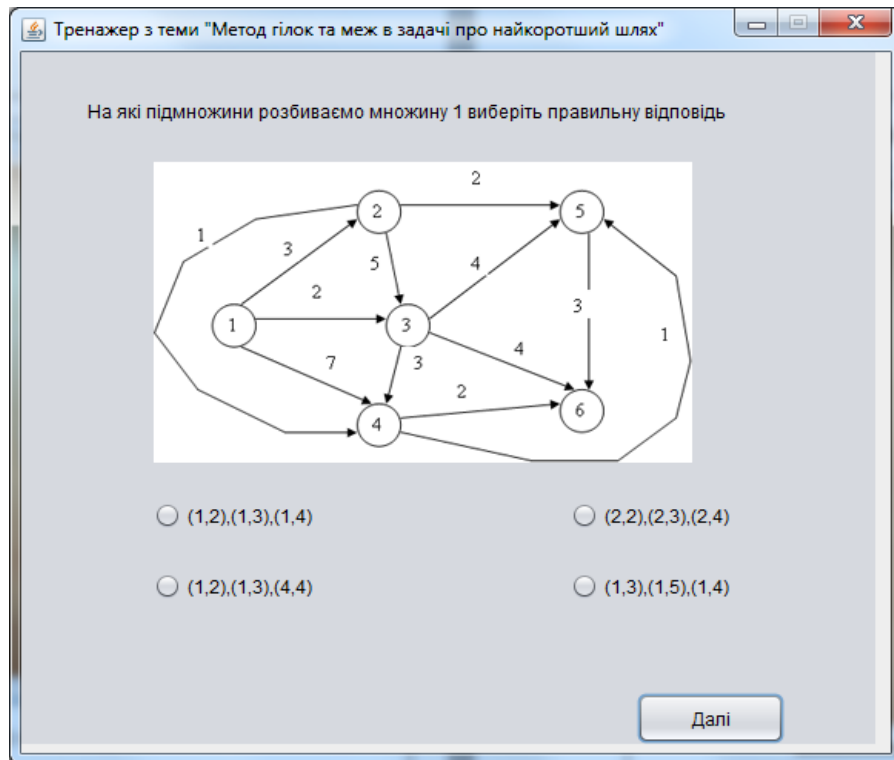


Рисунок 2.8 – Перше завдання в тренажері з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

Якщо відповіді невірні, то відобразиться довідка (рис. 2.9). Якщо вірно, то перехід до наступної умови і завдання.

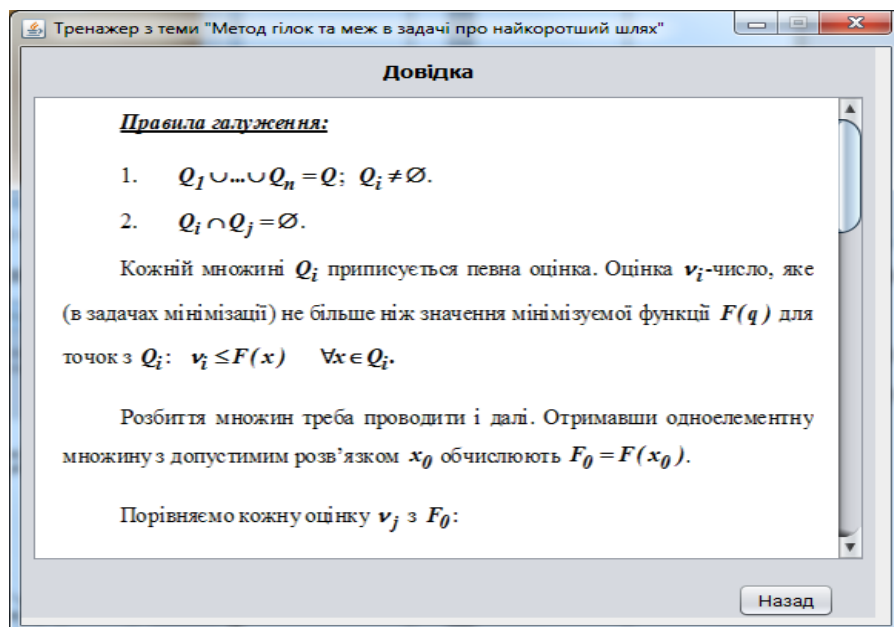


Рисунок 2.9 – Довідка в тренажері з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

Розв'язавши задачу, виводиться відповідне повідомлення (рис. 2.10).

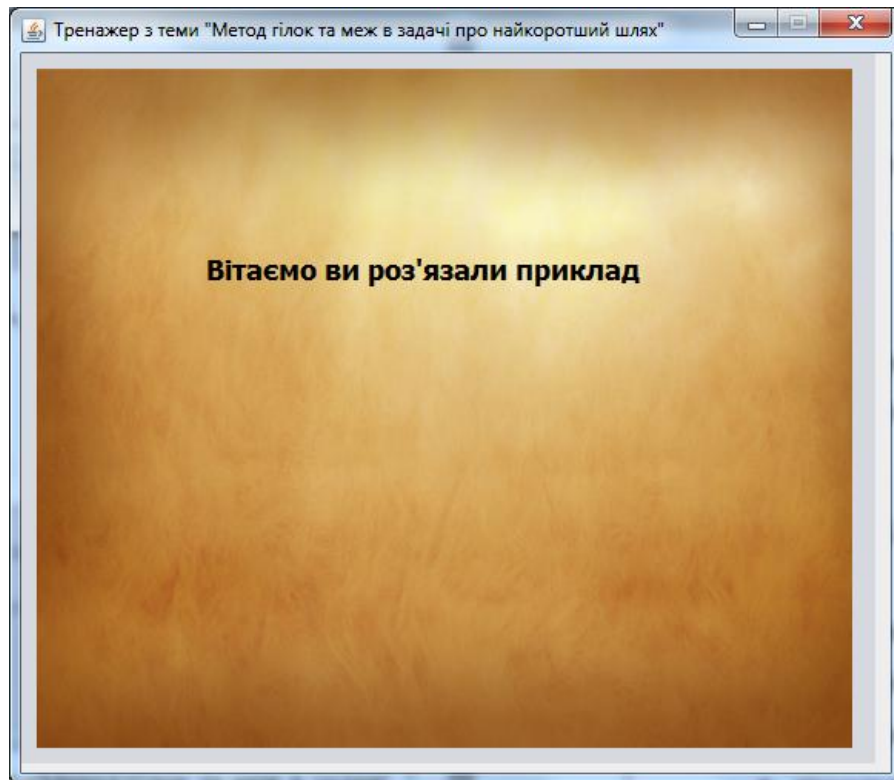


Рисунок 2.10 – Повідомлення про завершення в тренажері з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях»

Стартова панель тренажеру з теми «Узагальнене ранжування об'єктів за однією ознакою порівняння без врахування компетентності експертів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень» крім інформації про тренажер надає можливість перевірити теоретичні знання або відразу тренувати практичні навички (рис. 2.11) [6].

В першому випадку пропонується відповісти на питання з даної теми і дізнатися результат перевірки, або повернутися назад (рис. 2.12).

В другому – поетапно виконати поставлені завдання, щоб розв'язати задачу (рис. 2.13).

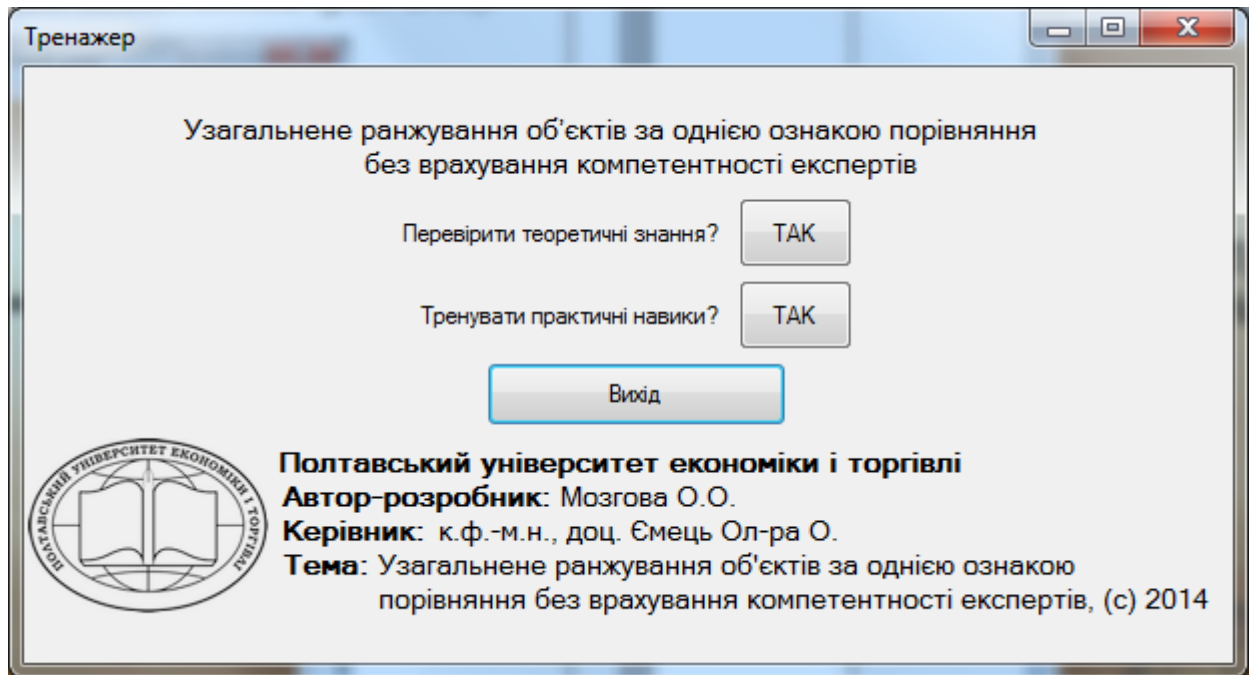


Рисунок 2.11 – Стартова панель тренажеру з теми «Узагальнене ранжування об'єктів за однією ознакою порівняння без врахування компетентності експертів»

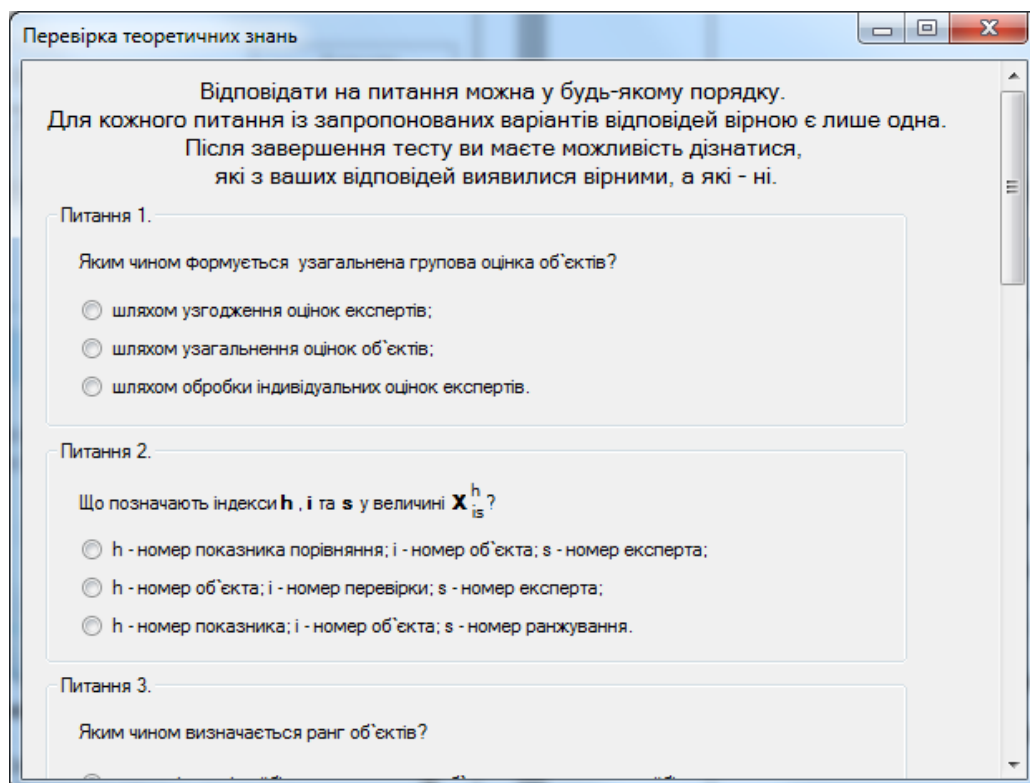


Рисунок 2.12 – Перевірка теоретичних знань в тренажері з теми «Узагальнене ранжування об'єктів за однією ознакою порівняння без врахування компетентності експертів»

Тренування практичних навиків

Умова:  
У результаті проведення ранжування чотирьох об'єктів п'ятьма експертами одержано впорядкування об'єктів, представлене в наступній таблиці:

	Об'єкт 1	Об'єкт 2	Об'єкт 3	Об'єкт 4
Експерт 1	2	1	4	3
Експерт 2	3	2	4	1
Експерт 3	1	2	3	4
Експерт 4	3	1	2	4
Експерт 5	1	2	4	3

Матриці парних порівнянь

На основі таблиці для кожного експерта скласти матриці парних порівнянь об'єктів.

Сума матриць парних порівнянь. Узагальнена матриця. Транзитивне замикання:

Узагальнене впорядкування чотирьох об'єктів:

$O_{\square} \succ O_{\square} \succ O_{\square} \succ O_{\square}$

Завершити тренування та повернутися?

Рисунок 2.13 – Тренування практичних навичок в тренажері з теми «Узагальнене ранжування об'єктів за однією ознакою порівняння без врахування компетентності експертів»



### 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Матеріал і приклади за темою роботи

**Приклад.** Перед американською сім'єю виникла проблема купівлі будинку в сільській місцевості. Вимоги сім'я сформулювала у вигляді трьох груп показників, що характеризують певні якості будівлі:

**1) фізичні показники:**

- 1.1. розмір будинку;
- 1.2. час побудови;
- 1.3. наявність сучасного обладнання (опалення, освітлення, каналізація, кондиціонування, сигналізація);
- 1.4. загальний стан будинку;
- 1.5. величина подвір'я;

**2) географічні показники:**

- 2.1. зручність автобусних маршрутів та зупинок;
- 2.2. довкілля;

**3) економічні показники:**

- 3.1. фінансові умови (умови продажу, умови банківського кредиту тощо).

По кожному з показників вироблені певні вимоги, які дозволяють сформулювати критерії вибору.

Наприклад:

1. площа будинку в межах 100-300 м<sup>2</sup>;
2. кондиціонування обов'язкове;
3. розташування в мальовничій місцевості (бажано – річка та (або) ліс);
4. загальна вартість не перевищує 150 тис. доларів.

**Основна мета**, яку сім'я поставила для розв'язання проблеми сформульована нею так: “вибір та купівля будинку з заданим рівнем якості або купівля такого будинку, який давав би загальне задоволення”.

Як альтернативні розглядалися три будинки (**А**, **Б**, **В**) з такими характеристиками.

**Будинок А.** Самий великий, мальовнича місцевість, інтенсивний рух транспорту, податки на будинок малі. Подвір'я найбільше. Загальний стан не дуже добрий (потрібен ремонт). Купівля будинку фінансується банком під високу процентну ставку, тому фінансові умови можна вважати незадовільними.

**Будинок Б.** Дещо менший, ніж А. Розташований далеко від автобусних зупинок. Навколо інтенсивний рух транспорту. В будинку відсутні сучасні зручності, але загальний стан дуже добрий. На будинок можна отримати закладну з достатньо низькою відсотковою ставкою, отже фінансові умови цілком задовільні.

**Будинок В.** Маленький, без сучасних зручностей. Місцевість достатньо мальовнича, але податки високі. Будинок в хорошому стані та достатньо безпечний. Подвір'я більше ніж у Б, але значно менше ніж у А. Обсяг ремонтних робіт дуже малий. Фінансові умови набагато кращі, ніж у будинку А, але не такі добрі, як для будинку Б.

Декомпозиція проблеми проведена сім'єю при виділенні мети та показників та їх групування. Можна побудувати ієрархічну модель проблеми (рис. 3.1).

Модель можна зробити простішою (рис. 3.2), не розглядаючи рівня ієрархії, що виділяє типи показників, оскільки самих показників небагато.

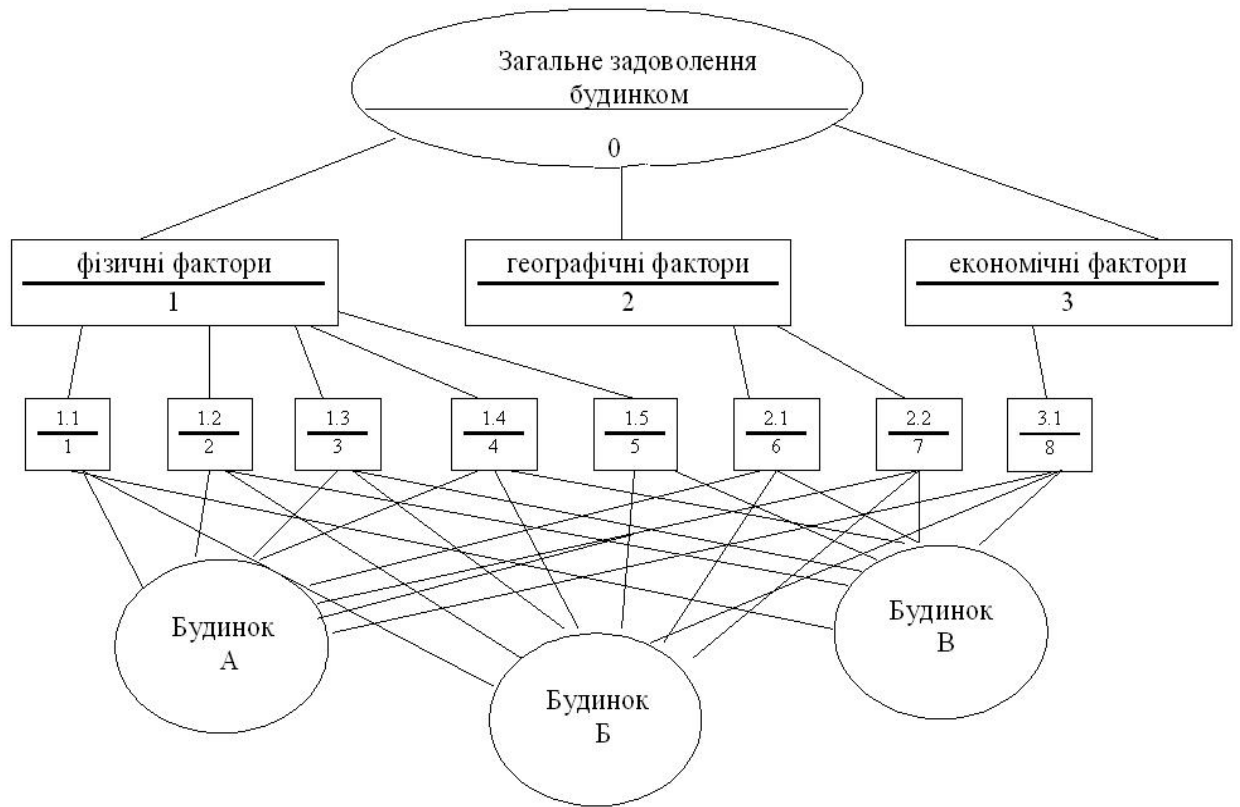


Рисунок 3.1 – Ієрархічна модель проблеми вибору будинку

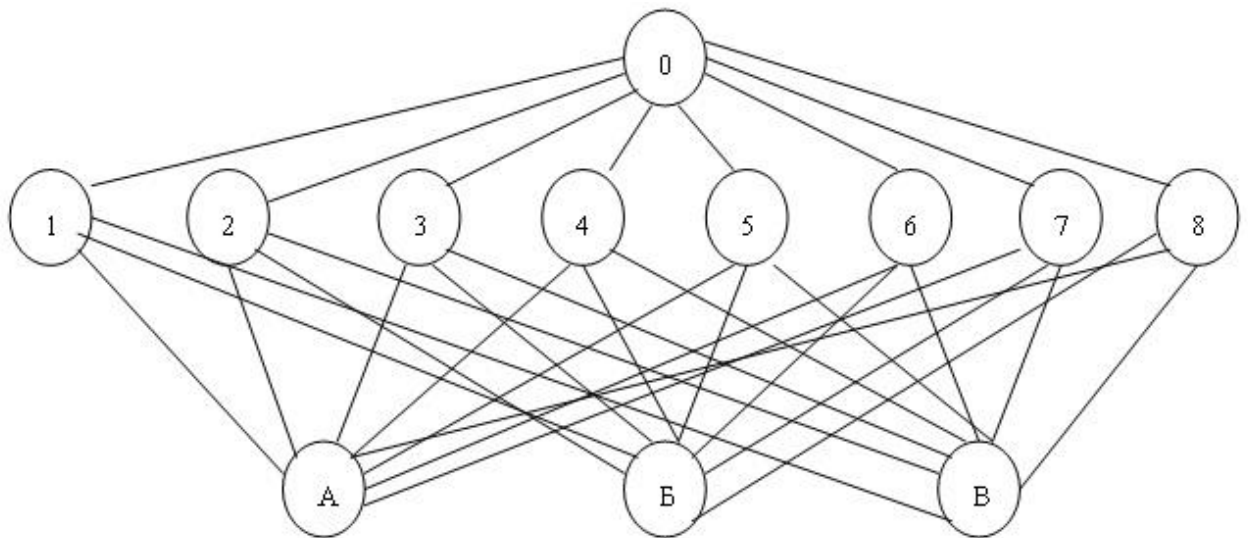


Рисунок 3.2 – Спрощена ієрархічна модель вибору будинку

Очевидно, що варіант декомпозиції, який представлено вище, не єдиний. З урахуванням інших точок зору можуть виділятися такі показники як:

- оцінка потреб сім'ї;
- перспектива зростання сім'ї;
- прогноз розвитку екологічної обстановки в регіоні тощо.

Після побудови ієрархічної моделі постає питання встановлення пріоритетів. Складність в тому, що різні фактори можуть бути виміряні в різних шкалах (як слабких, так і сильних), а якщо і в однакових шкалах (наприклад шкалі відношень) – то в різних одиницях (метри, години, гривні). Для зведення всіх шкал в єдину, використовується шкала відносної важливості (значущості, переваги), яка запропонована відомим американським системним аналітиком Т. Сааті і яка виявилась ефективною в застосуваннях та в порівнянні з іншими подібними шкалами. **Шкала Сааті** представлена в табл. 3.1, де наведено ступінь переваги одного об'єкту в порівнянні з іншими та числова міра цієї переваги.

Таблиця 3.1 – Шкала відносної важливості

<b>Визначення переваги одного об'єкту в порівнянні з іншим</b>	<b>Міра переваги (важливості, значущості)</b>
Рівна важливість (значущість), відсутність переваги	1
Слабка перевага по важливості (значущості)	3
Суттєва або сильна перевага по важливості (значущості)	5
Дуже сильна або значна перевага по важливості (значущості)	7
Абсолютна перевага	9
Проміжна оцінка міри важливості між сусідніми значеннями.	2, 4, 6, 8

При використанні шкал потрібно розуміти, що вони бувають 4-х типів:

- шкала назв;
- шкала порядку (рангова);
- шкала інтервалів;

- шкала відношень.

Шкалу назв та шкалу порядку називають **слабкими**, а шкали інтервалів та відношень **сильними**.

Для побудови шкали переваг використовується експертний висновок (за шкалою Сааті для слабких шкал, або за сильною шкалою, якщо ознака це дозволяє). В МАІ використовується метод попарних порівнянь. При порівнянні  $n$  об'єктів  $(A_1, A_2, \dots, A_n)$  результати їх попарних порівнянь заносяться в квадратну матрицю переваг, що має порядок  $n$ :  $A = (a_{ij})_{i,j=1}^n$ , елементи якої обчислюються так.

Для слабких шкал:  $a_{ij}$  (або  $a_{ji}$ ) вибирають з шкали Сааті, величина  $a_{ij}$  показує перевагу  $i$ -го об'єкту над  $j$ -им.

Для сильних шкал: якщо міра властивості об'єкту  $A_i$  дорівнює  $w_i$ , а  $A_j$  дорівнює  $w_j$ , то  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$  або  $a_{ji} = \frac{w_j}{w_i}$ .

Симетричний вже визначеному елемент матриці  $A$  знаходять з умови:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}. \quad (3.1)$$

Матриця переваг, що побудована на основі сильних шкал, є *узгодженою*, тобто такою, дані якої не суперечать одні одним.

Розрізняють **порядкову узгодженість** та **кардинальну узгодженість**.

**Порядкова узгодженість** означає транзитивність переваги  $\succ$ : якщо  $A_i \succ A_j, A_j \succ A_k$ , тобто, якщо об'єкт  $A_i$  переважає об'єкт  $A_j$ , а останній переважає об'єкт  $A_k$ , то об'єкт  $A_i$  переважає об'єкт  $A_k$ , тобто  $A_i \succ A_k$ .

**Кардинальна узгодженість** означає  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ . Якщо узгодженість одночасно – порядкова та кардинальна, то вона є **повною**.

Побудувати матрицю переваг, яка є повністю узгодженою неможливо ні для сильних шкал (оскільки вимірювання мають похибки), ні, тим більше, для слабких шкал (якщо і буде виконуватися порядкова узгодженість, то кардинальна – ні).

Після експертних оцінок за методом попарних порівнянь виникає питання про *ступінь узгодженості* одержаних оцінок.

За міру узгодженості приймають два показники:

- *індекс узгодженості (ІУ);*
- *відношення узгодженості (ВУ).*

З теорії матриць відомо, що повна узгодженість обернено симетричної матриці, якою є матриця переваг, еквівалентна рівності її максимального власного значення  $\lambda_{max}$  і кількості об'єктів, що порівнюються ( $\lambda_{max} = n$ ). ( $\lambda$  - власне значення матриці  $A$ , тобто число яке задовольняє рівняння  $Ax = \lambda x$ , де  $x$  – вектор з  $n$  координатами,  $A$  – квадратна матриця порядку  $n$ ).

Тому за міру узгодженості взяли величину (яку назвали *індекс узгодженості*):

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (3.2)$$

Для одержання висновку, чи є узгодження прийнятним, **ІУ** порівнюють з величиною випадкового індексу узгодженості (**ВІ**), який розраховується для квадратної матриці порядку  $n$ , що є додатною обернено симетричною, елементи якої згенеровані випадково як рівномірно розподілені на інтервалі  $[1, 9]$  натуральні числа. Для фіксованого  $n$  індекс розраховується як середнє значення для вибірки обсягу 100.

В табл. 3.2 наведено значення **ВІ** для  $n$  від 3 до 15 (при  $n=1$  та  $n=2$  **ВІ**=0).

Таблиця 3.2 – Випадковий індекс

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>ВІ</b>	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

**Відношенням узгодженості (ВУ)** є частка ІУ (обчисленого за формулою (3.2)) та ВІ, взятого з табл. 3.2 для того ж порядку матриці:

$$BY = \frac{IY}{BI}. \quad (3.3)$$

Якщо  $BY < 0,2$ , то ступінь узгодженості вважають прийнятним. В іншому разі експерту радять переглянути свої висновки на основі більш глибокого аналізу питання. При цьому виявляються елементи матриці, які вносять найбільшу неузгодженість, і їх змінюють.

На основі матриці переваг (попарних порівнянь) МАІ дає можливість отримати вектор пріоритетів об'єктів, що порівнюються.

Математичний бік задачі – це обчислення головного (для  $\lambda_{max}$ ) власного вектору матриці, нормалізація якого і дає вектор пріоритетів.

Точний метод обчислення головного власного вектору і вектору пріоритетів полягає в піднесенні матриці до довільно великого степеня і ділення суми кожного рядка на суму елементів матриці.

Ми будемо користуватися наближеним методом, що дає точність, яка задовольняє потреби аналізу. Для цього дані (матрицю та вектори) зручно представити у вигляді табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахункова таблиця для визначення пріоритетів об'єктів (альтернатив)

	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	...	<b>A<sub>n</sub></b>	<b>Головний власний вектор</b>	<b>Вектор пріоритетів</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	...	a <sub>1n</sub>	V <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
<b>A<sub>2</sub></b>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	...	a <sub>2n</sub>	V <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
...	...	...	...	...	...	...
<b>A<sub>n</sub></b>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	...	a <sub>nn</sub>	V <sub>n</sub>	P <sub>n</sub>

Наближено компоненти головного власного вектору матриці є середніми геометричними значень відповідних рядків матриці, тобто:

$$V_i \approx n \sqrt{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (3.4)$$

де  $\prod_{j=1}^n a_{ij}$  означає добуток  $n$  множників  $a_1, \dots, a_n$ .

Компоненти вектора пріоритетів одержують нормуванням чисел  $V_i$ , обчислених за (3.4), тобто:

$$P_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (3.5)$$

Максимальне власне число (значення) матриці знаходиться за наближеними формулами так:

$$\lambda_i = \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j \right) / V_i; \quad i=1,2,\dots,n; \quad \lambda_{max} \approx \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i \right) / n.$$

Наведемо формули для точного обчислення  $P_i, i=1,2,\dots,n$ . Нехай  $B = A^m$ , де  $m$ - велике натуральне число (практично  $m \approx 20$ ). Нехай  $b_{ij}$  - елементи  $B$ . Тоді

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}. \quad (3.6)$$

### Повернемося до прикладу.

Складемо матрицю переваг (попарних порівнянь) (табл. 3.4) та визначимо ступінь впливу показників властивостей якості будинку на загальне задоволення будинком. Нагадаємо, що скажемо 7 на перетині рядку “Розмір будинку” та стовпця “Час побудови” означає, що перший фактор за шкалою Сааті має значну перевагу над другим (відповідно обернена перевага другого фактору над першим оцінюється як  $\frac{1}{7}$ ).



З формальної точки зору заповнення експертом табл. 3.4 є аналізом впливу факторів 2-го рівня на мету аналізу – перший (верхній) рівень ієрархії.

Зазначимо, що  $BU=0,17$  – відношення узгодженості є задовільним. Рівень узгодженості повинен відповідати тому ризику, який виникає при роботі з неузгодженими даними. Так при вивченні впливу лікарських засобів на організм ступінь узгодженості даних повинна бути дуже високою.

Декілька (точніше 4) факторів дають в сумі 84% впливу (їх частка 0,840). Тому інші можна відкинути, зробивши перенормування, як це показано

В

табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Матриця попарних порівнянь факторів з прикладу

Загальне задоволення будинком	Розміри будинку	Час побудови	Сучасне обладнання	Загальний стан	Подвір'я	Зручності транспорту	Довкілля	Фінансові умови	Вектор пріоритетів
Розміри будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	<b>0,175</b>
Час побудови	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,063
Сучасне обладнання	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	<b>0,149</b>
Загальний стан	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,019
Подвір'я	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,036
Зручності транспорту	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,042
Довкілля	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	<b>0,167</b>
Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1	<b>0,350</b>
Параметри узгодженості оцінок		$\lambda_{max} = 9,59$ $IU=0,228$ $BU=0,161$							

Таблиця 3.5 – Перенормування факторів

Фактори	Розміри будинку	Сучасне обладнання	Довкілля	Фінансові умови
---------	-----------------	--------------------	----------	-----------------

Вага факторів з табл. 5.4	0,175	0,149	0,167	0,350
Перенормована вага факторів	$\frac{0,175}{0,840} = 0,208$	$\frac{0,149}{0,840} = 0,177$	$\frac{0,167}{0,840} = 0,199$	$\frac{0,350}{0,840} = 0,416$

Але, оскільки в нашому випадку факторів не багато, а також з навчальною метою, відкидати фактори не будемо і проведемо аналіз в повному обсязі.

Розглянемо вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня, тобто визначимо перевагу (значущість, “вагу”) кожного з будинків *A*, *B*, *B* по відношенню до кожного з факторів 2-го рівня. Це робиться на основі даних задачі побудовою 8-ми (по кількості факторів 2-го рівня) матриць парних порівнянь для трьох (будинки *A*, *B*, *B*) факторів третього рівня. Результати – матриці та результати їх аналізу (вектори пріоритетів та міри узгодженості) наведені в табл. 3.6 – 3.13.

Таблиця 3.6 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A1)

Розміри будинку (A1)	A	B	B	Вектор пріоритетів
A	1	6	8	0,754
B	1/6	1	4	0,181
B	1/8	1/4	1	0,065
	$\lambda_{\max}=3,136$	IY=0,068	BY=0,117	

Таблиця 3.7 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A2)

Час побудови (A2)	A	B	B	Вектор пріоритетів
A	1	1	1	0,333
B	1	1	1	0,333
B	1	1	1	0,333
	$\lambda_{\max}=3$	IY=0	BY=0	

Таблиця 3.8 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A3)

Сучасне	A	B	B	Вектор
---------	---	---	---	--------

обладнання (А3)				пріоритетів
<b>А</b>	1	8	6	0,747
<b>Б</b>	1/8	1	1/5	0,060
<b>В</b>	1/6	5	1	0,193
	$\lambda_{\max}=3,197$ $IY=0,099$ $BY=0,170$			

Таблиця 3.9 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А4)

Загальний стан (А4)	А	Б	В	Вектор пріоритетів
<b>А</b>	1	1/2	1/2	0,2
<b>Б</b>	2	1	1	0,4
<b>В</b>	2	1	1	0,4
	$\lambda_{\max}=3,0$ $IY=0$ $BY=0$			

Таблиця 3.10 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А5)

Подвір'я (А5)	А	Б	В	Вектор пріоритетів
<b>А</b>	1	5	4	0,674
<b>Б</b>	1/5	1	1/3	0,101
<b>В</b>	1/4	3	1	0,226
	$\lambda_{\max}=3,086$ $IY=0,043$ $BY=0,074$			

Таблиця 3.11 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А6)

Транспортні зручності (А6)	А	Б	В	Вектор пріоритетів
<b>А</b>	1	7	1/5	0,227
<b>Б</b>	1/7	1	1/9	0,051
<b>В</b>	5	9	1	0,722
	$\lambda_{\max}=3,209$ $IY=0,104$ $BY=0,180$			

Таблиця 3.12 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А7)

Довкілля (А7)	А	Б	В	Вектор пріоритетів
<b>А</b>	1	8	6	0,754
<b>Б</b>	1/8	1	1/4	0,065
<b>В</b>	1/6	4	1	0,181
	$\lambda_{\max}=3,14$ $IY=0,068$ $BY=0,117$			

Таблиця 3.13 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A8)

Фінансові умови (A8)	А	Б	В	Вектор пріоритетів
А	1	1/7	1/5	0,072
Б	7	1	3	0,649
В	5	1/3	1	0,279
	$\lambda_{\max}=3,065$	IY=0,032	BY=0,056	

Вектори пріоритетів нижнього рівня ієрархії називають **локальними пріоритетами**.

На наступному етапі здійснюється **синтез локальних пріоритетів (оцінка узагальнених (глобальних) пріоритетів)**.

В прикладі це означає одержання **глобальних пріоритетів будинків А, Б, В по відношенню до мети верхнього рівня – загального задоволення будинком**.

Це робиться перемноженням матриці локальних пріоритетів 2-го рівня (в прикладі дані з табл. 3.6-3.13) на вектор-стовпець локальних пріоритетів 1-го рівня (з табл. 3.4):

$$\begin{pmatrix} 0,754 & 0,333 & 0,747 & 0,200 & 0,674 & 0,227 & 0,754 & 0,072 \\ 0,181 & 0,333 & 0,060 & 0,400 & 0,101 & 0,051 & 0,065 & 0,649 \\ 0,065 & 0,333 & 0,193 & 0,400 & 0,226 & 0,722 & 0,181 & 0,279 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,175 \\ 0,063 \\ 0,149 \\ 0,019 \\ 0,036 \\ 0,042 \\ 0,167 \\ 0,350 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,452 \\ 0,313 \\ 0,235 \end{pmatrix}$$

Таким чином, як висновок маємо: 45,2%, що перевага надається будинку А, 31,3% - що Б, 23,5% - що В. **Тобто з урахуванням всіх факторів купується будинок А.**

**Задача про вибір ВНЗ.** Українська родина розв’язує проблему вступу дитини до ВНЗ. Вимоги сім’я сформулювала у вигляді критеріїв, що характеризують певні якості ВНЗ.

***Критерій 1:*** наявність великого ліцензійного обсягу на бажану спеціальність;

***Критерій 2:*** віддаленість від місця проживання;

***Критерій 3:*** престижність ВНЗ;

***Критерій 4:*** бажання вступати до вибраного ВНЗ друзів дитини;

***Критерій 5:*** зручність транспортного сполучення з містом розташування ВНЗ;

***Критерій 6:*** вартість контрактного навчання на бажану спеціальність;

***Критерій 7:*** наявність достатньої кількості місць в гуртожитку;

***Критерій 8:*** наявність бюджетних місць на бажані спеціальності.

***Основна мета,*** яку сім’я поставила для розв’язання проблеми сформульована нею так: “вибрати ВНЗ який найбільше підходив би по всім критеріям одночасно”.

Як ***альтернативні*** розглядалися ***три ВНЗ (А, Б, В)*** з такими характеристиками.

**ВНЗ А.** Має найбільший ліцензований обсяг, суттєво більший ніж Б і майже абсолютно переважає В. За віддаленістю від місця проживання переважає Б суттєво, а В трохи менше. Престижність ВНЗ майже абсолютно переважає Б і більш ніж сильно переважає В. За бажанням вступати до вибраного ВНЗ друзів дитини майже абсолютно переважає Б і більш ніж сильно переважає В. За зручністю транспортного сполучення з містом розташування ВНЗ дуже сильно переважає ВНЗ Б. Вартість контрактного навчання на бажану спеціальність вдвічі вища ніж в Б та В. Кількість місць у гуртожитку достатня. Найменша кількість бюджетних місць на бажані спеціальності.

**ВНЗ Б.** Ліцензований трохи менший ніж у А, але значно переважає В. За віддаленістю від місця проживання знаходиться в найгірших умовах. Престижність ВНЗ найнижча. За бажанням вступати до вибраного ВНЗ друзів дитини пріоритет найнижчий. За зручністю транспортного сполучення з містом розташування ВНЗ пріоритет найнижчий. Вартість контрактного навчання на бажану спеціальність така ж як і в В, вдвічі менша ніж в А. Кількість місць у гуртожитку достатня. За кількістю бюджетних місць на бажані спеціальності дуже сильно переважає ВНЗ А та не дуже В.

**ВНЗ В.** Найменший ліцензований обсяг. За віддаленістю від місця проживання слабка перевага над Б. За престижністю ВНЗ переважає Б. За бажанням вступати до вибраного ВНЗ друзів дитини суттєво переважає Б. За зручністю транспортного сполучення з містом розташування ВНЗ суттєво переважає А та майже абсолютно Б. Вартість контрактного навчання на бажану спеціальність така ж як і в Б, вдвічі менша ніж в А. Кількість місць у гуртожитку достатня. За кількістю бюджетних місць на бажані спеціальності суттєво переважає ВНЗ А.

Декомпозиція проблеми проведена сім'єю при виділенні мети та критеріїв. Можна побудувати ієрархічну модель проблеми (рис. 3.3).

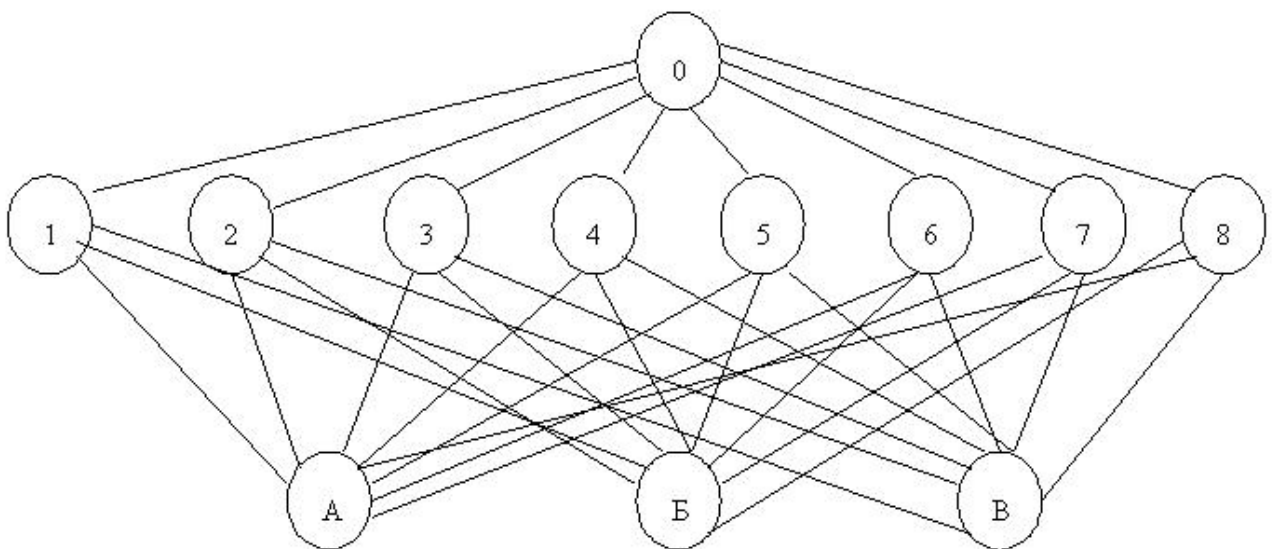


Рисунок 3.3 – Ієрархічна модель проблеми вибору ВНЗ

Складається матриця попарних порівнянь критеріїв з точки зору фокусу (мети) проблеми (табл. 3.14). Це робиться з точки зору сім'ї, яка порівнює кожну пару критеріїв.

При цьому сім'я визначила, що:

- **критерій 1** переважає критерій 2 суттєво, критерій 3 – слабо, критерій 4 – дуже сильно, критерії 5 та 6 – більш ніж суттєво;
- **критерій 2** переважає критерій 4 сильно, критерії 5 та 6 – слабо;
- **критерій 3** переважає критерій 2 та 5 – слабо, 4 та 7 – більш ніж суттєво, а критерій 6 – більш ніж слабо;
- **критерій 4** не переважає жоден критерій;
- **критерій 5** переважає критерій 4 – слабо;
- **критерій 6** переважає критерій 4 – трохи більше ніж слабо, а з критерієм 5 вони майже рівнозначні, але критерій 6 все ж переважає;
- **критерій 7** переважає критерій 1 – слабо, критерії 2, 5, 6 – суттєво, а критерій 4 – дуже сильно;
- **критерій 8** з критерієм 7 майже рівнозначні, але критерій 8 все ж переважає. Критерій 8 переважає критерій 1 – більш ніж слабо, критерій 3 – суттєво, критерії 5 і 6 – більш ніж сильно, критерій 2 – дуже сильно та критерій 4 – майже абсолютно.

Тобто, при заповненні матриці число 5 на перетині рядку “Наявність великого ліцензійного обсягу на бажану спеціальність” та стовпця “Віддаленість від місця проживання” означає, що перший критерій за шкалою Сааті має суттєву перевагу над другим (відповідно перевага другого критерію над першим оцінюється як 1/5).

Таблиця 3.14 – Матриця попарних порівнянь критеріїв вибору ВНЗ

Вибір ВНЗ	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3	Критерій 4	Критерій 5	Критерій 6	Критерій 7	Критерій 8	Вектор пріоритетів
Критерій 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	<b>0,175</b>
Критерій 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,063
Критерій 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	<b>0,149</b>
Критерій 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,019
Критерій 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,036
Критерій 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,042
Критерій 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	<b>0,167</b>
Критерій 8	4	7	5	8	6	6	2	1	<b>0,350</b>
Параметри узгодженості оцінок	$\lambda_{max}=9,59$ $IY=0,228$ $BY=0,161$								

$BY=0,161 < 0,2$  – відношення узгодженості є задовільним.

Розглянемо значущість альтернатив 3-го рівня відносно критеріїв 2-го рівня, тобто визначимо перевагу кожного з ВНЗ **А**, **Б**, **В** по відношенню до кожного з критеріїв 2-го рівня. Це робиться на основі даних задачі побудовою 8-ми (по кількості критеріїв 2-го рівня) матриць парних порівнянь для трьох (ВНЗ **А**, **Б**, **В**) альтернатив третього рівня. Результати – матриці та результати їх аналізу (вектори пріоритетів та міри узгодженості) наведені в табл. 3.15 - 3.22.

Таблиця 3.15 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А1)

Наявність великого ліцензійного обсягу на бажану спеціальність	А	Б	В	$P_i$
<b>А</b>	1	6	8	0,754
<b>Б</b>	1/6	1	4	0,181
<b>В</b>	1/8	1/4	1	0,065
	$\lambda_{max}=3,136$	$IY=0,068$	$BY=0,117$	



Таблиця 3.16 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A2)

Віддаленість від місця проживання	А	Б	В	$P_i$
А	1	5	4	0,674
Б	1/5	1	1/3	0,101
В	1/4	3	1	0,226
	$\lambda_{max}=3,086$	$IY=0,043$	$BY=0,074$	

Таблиця 3.17 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A3)

Престижність ВНЗ	А	Б	В	$P_i$
А	1	8	6	0,754
Б	1/8	1	1/4	0,065
В	1/6	4	1	0,181
	$\lambda_{max}=3,14$	$IY=0,068$	$BY=0,117$	

Таблиця 3.18 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A4)

Бажання вступати до вибраного ВНЗ друзів дитини	А	Б	В	$P_i$
А	1	8	6	0,747
Б	1/8	1	1/5	0,060
В	1/6	5	1	0,193
	$\lambda_{max}=3,197$	$IY=0,099$	$BY=0,170$	

Таблиця 3.19 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (A5)

Зручність транспортного сполучення з містом розташування ВНЗ	А	Б	В	$P_i$
А	1	7	1/5	0,233
Б	1/7	1	1/8	0,054
В	5	8	1	0,712
	$\lambda_{max}=3,25$	$IY=0,124$	$BY=0,213$	

Таблиця 3.20 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А6)

Вартість контрактного навчання на бажану спеціальність	А	Б	В	$P_i$
А	1	1/2	1/2	0,2
Б	2	1	1	0,4
В	2	1	1	0,4
	$\lambda_{max}=3,0$	$IY=0$	$BY=0$	

Таблиця 3.21 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А7)

Наявність достатньої кількості місць в гуртожитку	А	Б	В	$P_i$
А	1	1	1	0,333
Б	1	1	1	0,333
В	1	1	1	0,333
	$\lambda_{max}=3$	$IY=0$	$BY=0$	

Таблиця 3.22 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (А8)

Наявність бюджетних місць на бажані спеціальності	А	Б	В	$P_i$
А	1	1/7	1/5	0,072
Б	7	1	3	0,649
В	5	1/3	1	0,279
	$\lambda=3,065$	$IY=0,032$	$BY=0,056$	

**Синтез локальних пріоритетів**, тобто одержання глобальних пріоритетів ВНЗ **А**, **Б**, **В** по відношенню до мети верхнього рівня – вибору ВНЗ.

Перемножуємо матриці локальних пріоритетів 2-го рівня (дані з табл. 3.15 - 3.22) на вектор локальних пріоритетів (з табл. 3.14):

$$\begin{pmatrix} 0,754 & 0,674 & 0,754 & 0,747 & 0,233 & 0,200 & 0,333 & 0,072 \\ 0,181 & 0,101 & 0,065 & 0,600 & 0,054 & 0,400 & 0,333 & 0,649 \\ 0,065 & 0,226 & 0,181 & 0,193 & 0,713 & 0,200 & 0,333 & 0,279 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,175 \\ 0,063 \\ 0,149 \\ 0,019 \\ 0,036 \\ 0,042 \\ 0,167 \\ 0,350 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,398 \\ 0,350 \\ 0,252 \end{pmatrix}$$

Маємо: 39,8%, *що перевага надається ВНЗ А*, 35,0% - *що Б*, 25,2% - *що В*. Тобто з урахуванням всіх критеріїв *вибирається ВНЗ А* [6-8].

### 3.2. Алгоритмізація задачі за темою роботи

**Крок 1.** Пропонується вибрати умову задачі з двох наданих:

- Задача купівлі будинку в сільській місцевості;
- Задача про вибір ВНЗ.

Якщо користувач обрав перший варіант, то перехід на крок 1.

Якщо користувач обрав другий варіант, то перехід на крок 50.

**Крок 2.** Виводиться умова задачі купівлі будинку в сільській місцевості. Відображається кнопка «Далі», перехід на крок 3.

**Крок 3.** Виводиться таблиця попарних порівнянь факторів (табл. 3.23) і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Пропонується завантажити шаблон прикладу в Excel для полегшення обрахунків. Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 4.

Таблиця 3.23 – Матриця попарних порівнянь факторів із задачі купівлі будинку

Загальне задоволення будинком	Розміри будинку	Час побудови	Сучасне обладнання	Загальний стан	Подвір'я	Зручності транспорту	Довкілля	Фінансові умови	Вектор пріоритетів	$\lambda_i$
Розміри будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4		
Час побудови	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7		
Сучасне обладнання	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5		
Загальний стан	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8		
Подвір'я	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6		
Зручності транспорту	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6		
Довкілля	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2		
Фінансові умови	4	7	5	8	6	6	2	1		
Параметри узгодженості оцінок		$\lambda_{max} = \_\_\_\_\_\_ \quad IU = \_\_\_\_\_\_ \quad VU = \_\_\_\_\_\_$								

**Крок 4.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 5.

**Крок 5.** Виводиться завдання: «Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 6.

**Крок 6.** Виводиться завдання: «Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 7.

**Крок 7.** Виводиться завдання: «Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 8.

**Крок 8.** Виводиться умова: «Розглянемо вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня, тобто визначимо перевагу (значущість, “вагу”) кожного з будинків *A*, *B*, *B* по відношенню до кожного з факторів 2-го рівня. Це робиться на основі даних задачі побудовою 8-ми (по кількості факторів 2-го рівня) матриць парних порівнянь для трьох (будинки *A*, *B*, *B*) факторів третього рівня. Результати – матриці та результати їх аналізу (вектори пріоритетів та міри узгодженості)». Відображається кнопка «Далі», перехід на крок 9.

**Крок 9.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A1 (табл. 3.24) і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 10.

Таблиця 3.24 – Вплив факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня із задачі купівлі будинку

Розміри будинку (А1)	А	Б	В	$P_i$	$\lambda_i$
А	1	6	8		
Б	1/6	1	4		
В	1/8	1/4	1		
	$\lambda_{max} = \underline{\hspace{1cm}}$	$IV = \underline{\hspace{1cm}}$	$BV = \underline{\hspace{1cm}}$		

**Крок 14.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A2 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 15.

**Крок 15.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 16.

**Крок 16.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 17.

**Крок 17.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 18.

**Крок 18.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 19.

**Крок 19.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для АЗ і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 20.

**Крок 20.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 21.

**Крок 21.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 22.

**Крок 22.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 23.

**Крок 23.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 24.



**Крок 24.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A4 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 25.

**Крок 25.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 26.

**Крок 26.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 27.

**Крок 27.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 28.

**Крок 28.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 29.

**Крок 29.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A5 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 30.

**Крок 30.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 31.

**Крок 31.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 32.

**Крок 32.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 33.

**Крок 33.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 34.

**Крок 34.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для А6 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 35.

**Крок 35.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 36.

**Крок 36.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 37.

**Крок 37.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 38.

**Крок 38.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 39.

**Крок 39.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для  $A_7$  і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 40.

**Крок 40.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 41.

**Крок 41.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 42.

**Крок 42.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 43.

**Крок 43.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 44.

**Крок 44.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A8 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 45.

**Крок 45.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 46.

**Крок 46.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 47.

**Крок 47.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 48.

**Крок 48.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 49.

**Крок 49.** Виводиться висновок: «На наступному етапі здійснюється *синтез локальних пріоритетів*».

$$\begin{pmatrix} 0,754 & 0,333 & 0,747 & 0,200 & 0,674 & 0,227 & 0,754 & 0,072 \\ 0,181 & 0,333 & 0,060 & 0,400 & 0,101 & 0,051 & 0,065 & 0,649 \\ 0,065 & 0,333 & 0,193 & 0,400 & 0,226 & 0,722 & 0,181 & 0,279 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,175 \\ 0,063 \\ 0,149 \\ 0,019 \\ 0,036 \\ 0,042 \\ 0,167 \\ 0,350 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,452 \\ 0,313 \\ 0,235 \end{pmatrix}$$

Таким чином, як висновок маємо: 45,2%, що перевага надається будинку А, 31,3% - що Б, 23,5% - що В. **Тобто з урахуванням всіх факторів купується будинок А.**». Відображається кнопка «Далі». Перехід на крок 1, вибирається варіант задачі про вибір ВНЗ.

**Крок 50.** Виводиться умова задачі про вибір ВНЗ. Відображається кнопка «Далі», перехід на крок 51.

**Крок 51.** Виводиться таблиця попарних порівнянь факторів (табл. 3.25) і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Пропонується завантажити шаблон прикладу в Excel для полегшення обрахунків. Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 52.

Таблиця 3.25 – Матриця попарних порівнянь факторів із задачі про вибір  
ВНЗ

Вибір ВНЗ	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3	Критерій 4	Критерій 5	Критерій 6	Критерій 7	Критерій 8	Вектор пріоритетів	$\lambda_i$
Критерій 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4		
Критерій 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7		
Критерій 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5		
Критерій 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8		
Критерій 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6		
Критерій 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6		
Критерій 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2		
Критерій 8	4	7	5	8	6	6	2	1		
Параметри узгодженості оцінок	$\lambda_{max} = \underline{\hspace{2cm}}$ $IV = \underline{\hspace{2cm}}$ $BU = \underline{\hspace{2cm}}$									

**Крок 52.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 53.

**Крок 53.** Виводиться завдання: «Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 54.

**Крок 54.** Виводиться завдання: «Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».





**Крок 58.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 59.

**Крок 59.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 60.

**Крок 60.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 61.

**Крок 61.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 62.

**Крок 62.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A2 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 63.

**Крок 63.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 64.

**Крок 64.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 65.

**Крок 65.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 66.

**Крок 66.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 67.

**Крок 67.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для АЗ і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 68.

**Крок 68.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 69.

**Крок 69.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 70.

**Крок 70.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 71.

**Крок 71.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 72.

**Крок 72.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для А4 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 73.

**Крок 73.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 74.

**Крок 74.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 75.

**Крок 75.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 76.

**Крок 76.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 77.

**Крок 77.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для А5 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 78.

**Крок 78.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 79.

**Крок 79.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 80.

**Крок 80.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 81.

**Крок 81.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 82.

**Крок 82.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для А6 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 83.

**Крок 83.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 84.

**Крок 84.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 85.

**Крок 85.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 86.

**Крок 86.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 87.

**Крок 87.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A7 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 88.

**Крок 88.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 89.

**Крок 89.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 90.

**Крок 90.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 91.

**Крок 91.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 92.

**Крок 92.** Виводиться таблиця впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня для A8 і завдання: «Вказати вектор пріоритетів». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 93.

**Крок 93.** Виводиться завдання: «Вказати  $\lambda_i$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Перевірити».

Якщо не всі значення вказано вірно, то виводяться розрахункові формули, в таблиці доступними для зміни залишаються лише неправильно введені значення. Якщо все вказано вірно – відображається кнопка «Далі», перехід на крок 94.

**Крок 94.** Виводиться завдання: «Визначити  $\lambda_{max}$ ». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 95.

**Крок 95.** Виводиться завдання: «Визначити індекс узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 96.

**Крок 96.** Виводиться завдання: «Визначити відношення узгодженості». Надається можливість переглянути розрахункові формули, відображається кнопка «Далі».

Якщо значення вказано не вірно, то виводиться повідомлення про помилку. Якщо вказано вірно – перехід на крок 97.

**Крок 97.** Виводиться висновок: «Синтез локальних пріоритетів, тобто одержання глобальних пріоритетів ВНЗ **A, Б, В** по відношенню до мети верхнього рівня – вибору ВНЗ».



$$\begin{pmatrix} 0,754 & 0,674 & 0,754 & 0,747 & 0,233 & 0,200 & 0,333 & 0,072 \\ 0,181 & 0,101 & 0,065 & 0,600 & 0,054 & 0,400 & 0,333 & 0,649 \\ 0,065 & 0,226 & 0,181 & 0,193 & 0,713 & 0,200 & 0,333 & 0,279 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,175 \\ 0,063 \\ 0,149 \\ 0,019 \\ 0,036 \\ 0,042 \\ 0,167 \\ 0,350 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,398 \\ 0,350 \\ 0,252 \end{pmatrix}$$

Маємо: 39,8%, *що перевага надається ВНЗ А*, 35,0% - *що Б*, 25,2% - *що В*. Тобто з урахуванням всіх критеріїв *вибирається ВНЗ А*.». Відображається кнопка «Далі», перехід на крок 1.

### 3.3. Розробка блок-схеми

На рисунку 3.4 зображено блок-схему алгоритму роботи тренажеру.

Оскільки задача купівлі будинку в сільській місцевості і задача про вибір ВНЗ мають однакову кількість критеріїв, то блок-схеми алгоритму їх роботи однакові, їх зображено на рисунках 3.5 – 3.6.

Окремо винесено процеси «Заповнення таблиці попарних порівнянь», «Заповнення параметрів узгодженості оцінок», «Заповнення таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня» (рис. 3.7 – 3.10).

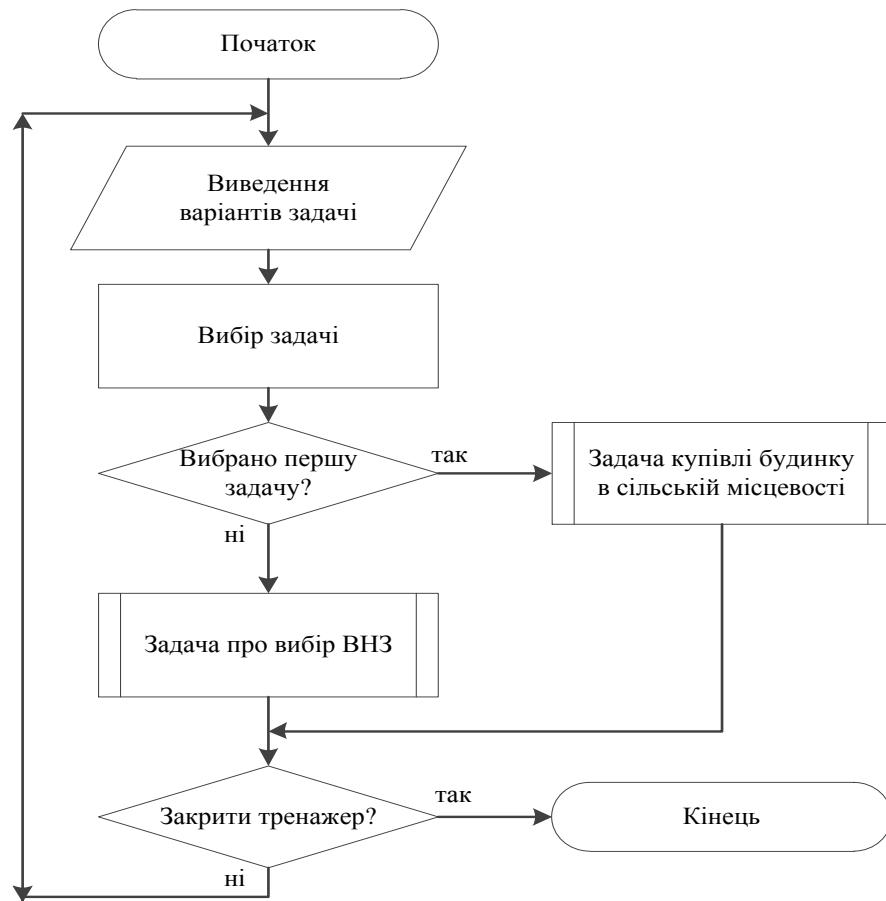


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму роботи тренажеру

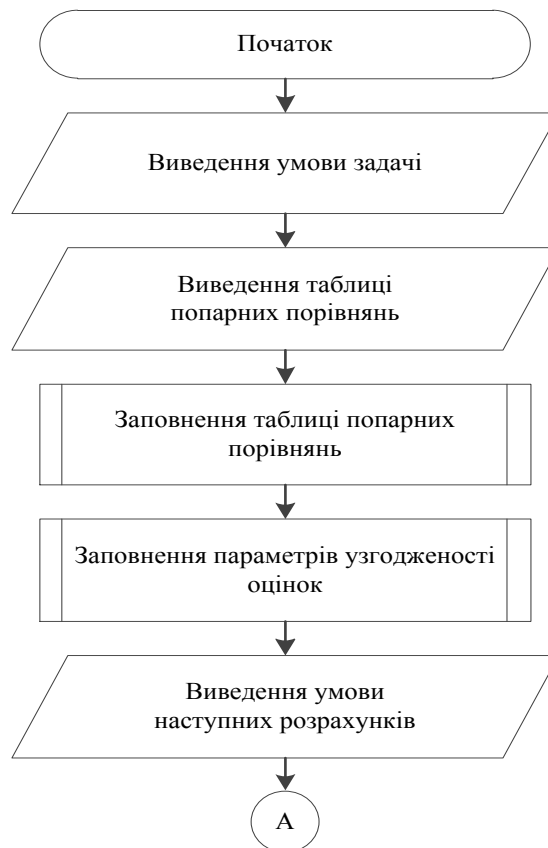


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму розв'язування задачі

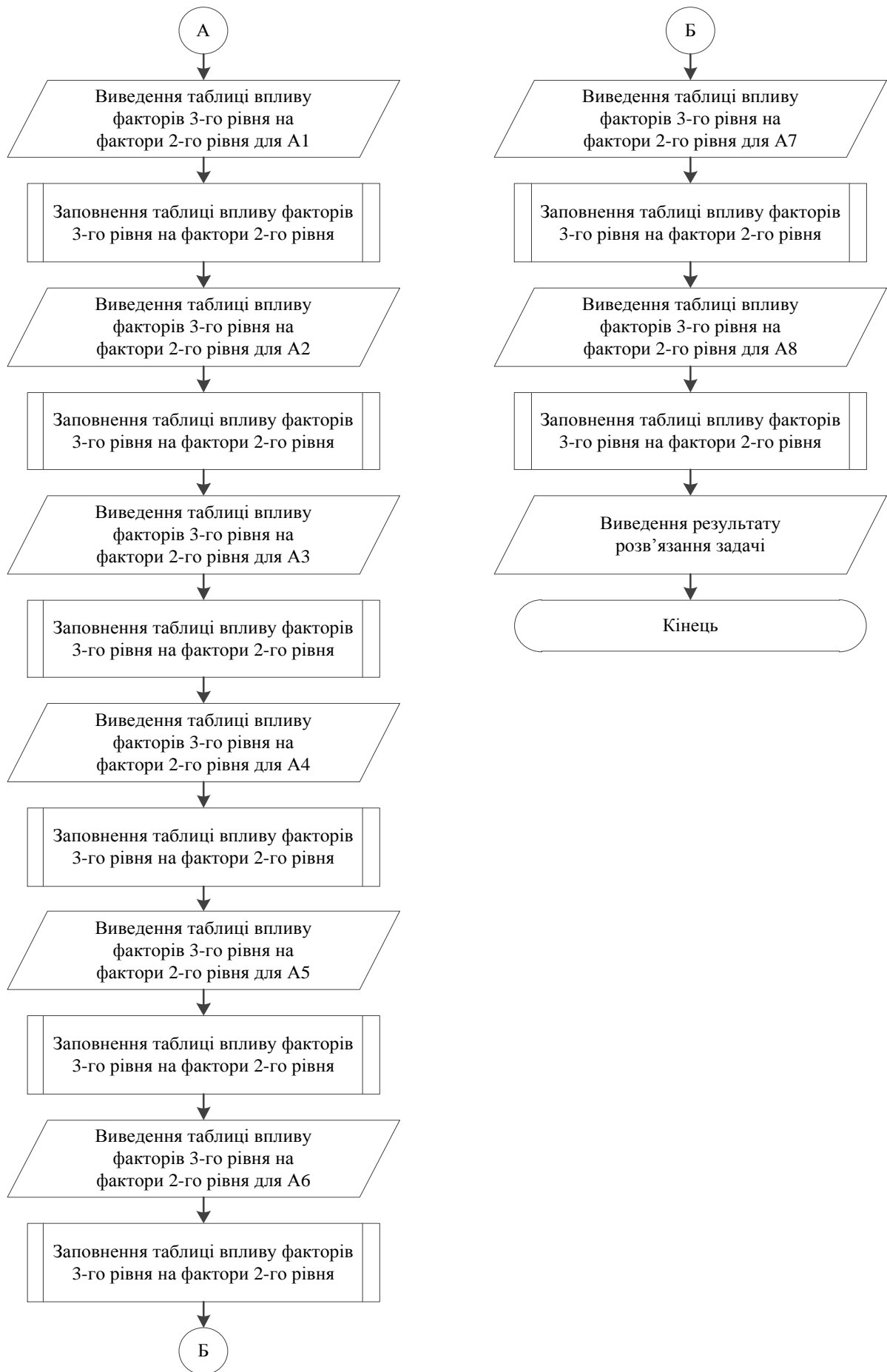


Рисунок 3.6 – Продовження блок-схеми алгоритму розв'язування задачі

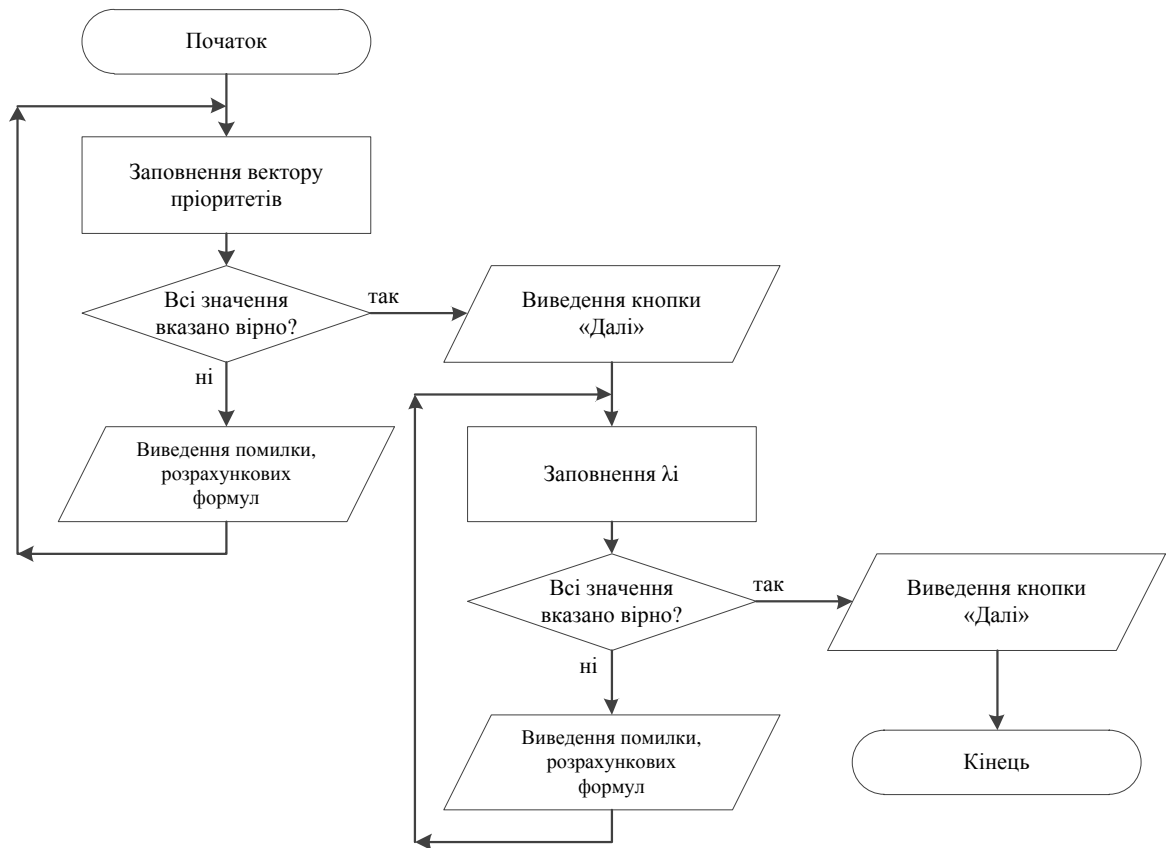


Рисунок 3.7 – Блок-схема процесу «Заповнення таблиці попарних порівнянь»

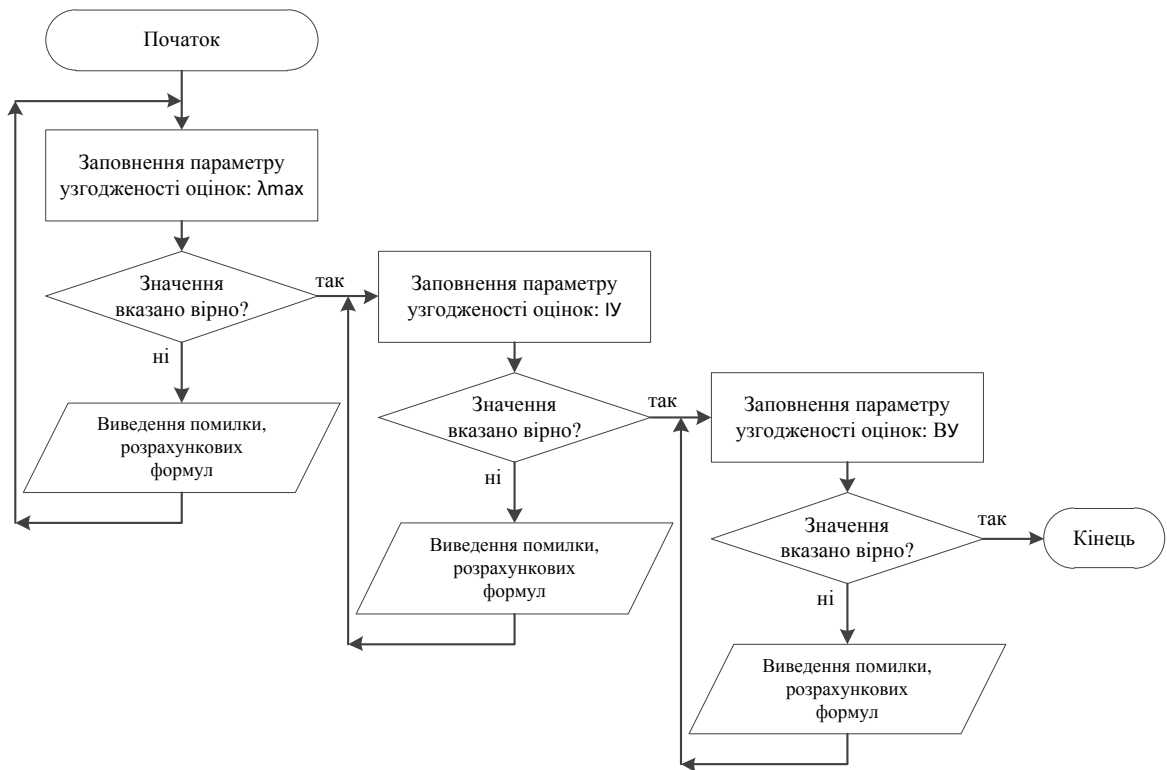


Рисунок 3.8 – Блок-схема процесу «Заповнення параметрів узгодженості оцінок»

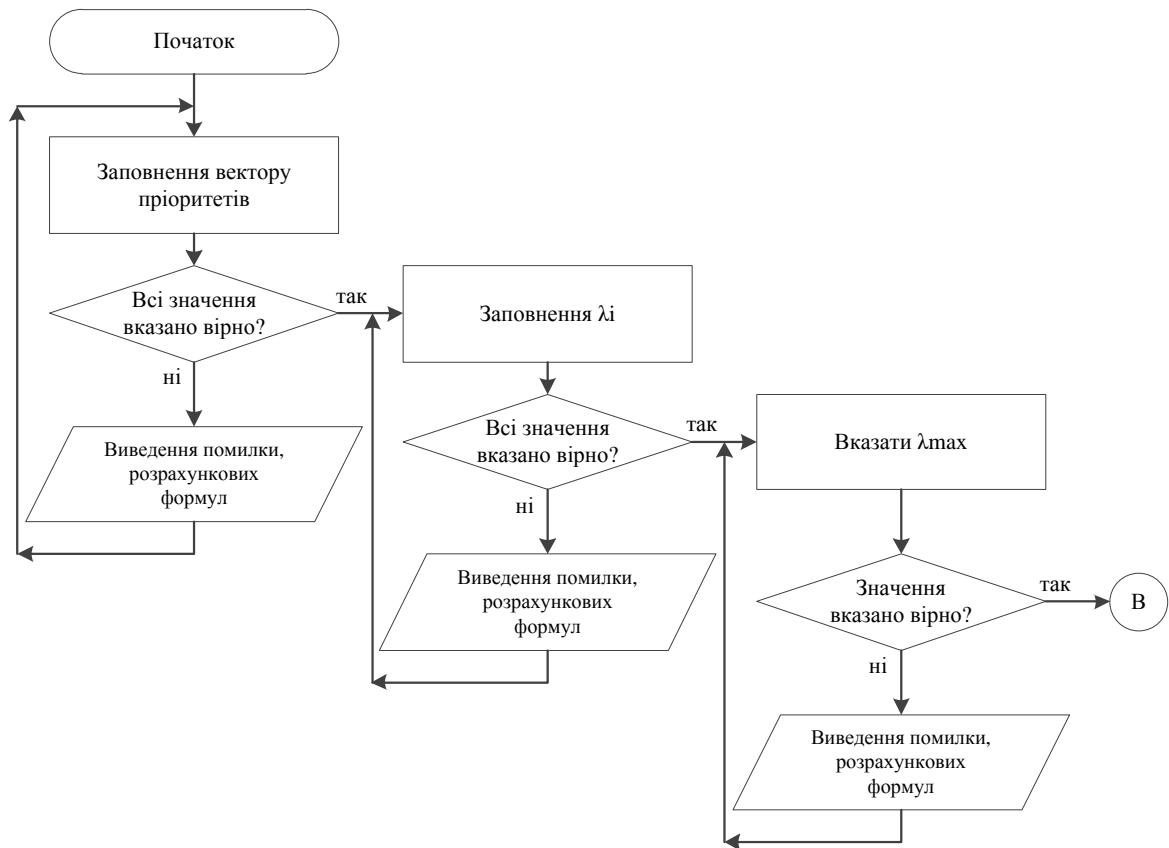


Рисунок 3.9 – Блок-схема процесу «Заповнення таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня»



Рисунок 3.10 – Продовження блок-схеми процесу «Заповнення таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня»

## 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Обґрунтування вибору програмних засобів

Розробники Java створювали мову з метою втілення таких базових принципів:

- простота;
- безпека;
- перенесення;
- об'єктно-орієнтована направленість;
- стійкість щодо помилок;
- багатопоточність;
- незалежність від архітектури;
- інтерпретація;
- висока продуктивність;
- розподіленість;
- динамічність.

Простота, інтерпретація, перенесення, незалежність від архітектури.

Java – це мова, програми якою компілюються та інтерпретуються, і водночас вона має просту структуру мови високого рівня. Написана програма компілюється в проміжну форму – байткод. Пізніше ця програма виконується, тобто інтерпретується виконавчим середовищем Java. Байткод дуже відрізняється від машинного коду, який є послідовністю нулів та одиниць. Байткод – це набір інструкцій, які подібні до команд Асемблера. Машинний код комп'ютер виконує безпосередньо, а байткод потрібно інтерпретувати. Тому машинний код можна використати тільки на конкретній платформі, для якої його скомпільовано. Байткод можна виконувати на довільній платформі, на якій є виконавче середовище Java. Саме ця можливість і робить програми на Java незалежними від

архітектури. Так як байткоди є проміжною формою програми, то його інтерпретація вимагає незначних витрат.

Байткод створено для машини, яка реально не існує. Цю машину називають віртуальною Java-машиною (JVM), вона існує тільки в пам'яті комп'ютера. Створення компілятором Java байткоду для неіснуючої машини – це тільки половина процесу, який забезпечує незалежність від архітектури. Другу частину виконує інтерпретатор Java, який виконує роль посередника між віртуальною Java-машиною та реальним комп'ютером.

Архітектура мови для розподіленого мережевого середовища. Головною вимогою щодо мови для роботи в розподіленому просторі комп'ютерів (наприклад, в Internet) – це можливість працювати на різнорідних і розподілених платформах.

Мова Java є пристосованою до перенесення завдяки підтримці стандартів IEEE для структур даних, наприклад, цілих чисел, чисел з плаваючою комою і рядків.

До мови Java зачислено безпосередньо підтримку таких розповсюджених протоколів як FTP, HTTP, що забезпечує сумісність під час роботи в мережі.

Java забезпечує розподілену роботу за допомогою механізму виклику віддалених методів (RMI), тобто дає змогу використовувати об'єкти, розташовані на локальних і віддалених машинах.

Багатопоточність. У багатопоточних операційних системах для кожного застосування (процесу) надається окрема захищена область пам'яті, в якій зберігаються коди програми і дані. А час одного процесора квантується між цими процесами.

Висока продуктивність. Інтерпретатор Java може виконувати байткоди зі швидкістю, яка наближається до швидкості виконання коду, відкомпільованого до машинного формату, що досягається завдяки використуванню інтерпретатором багатьох потоків виконання.

Стійкість до помилок. Java – це мова строгого використання типів, що зумовлює зменшення числа помилок під час написання програми.

У мові Java відбувається автоматична перевірка виконання граничних умов під час роботи з масивами і стрічками, які в Java є класами.

Безпека. Функції забезпечення безпеки дуже важливі для розподілених мереж з безліччю вірусів, "троянських коней" і т. п. Для реалізації цієї мети розробники мови Java створили механізм, який отримав назву пісочниці (sandbox) [9].

Коли справа доходить до вибору середовища розробки для створення Java-додатків, є кілька варіантів - Eclipse, NetBeans і IntelliJ IDEA Community Edition (доступна під ліцензією Apache 2.0) та ін. Всі ці середовища розробки поширюються з відкритим вихідним кодом. Переваги використання цих середовищ розробки очевидні:

- безкоштовне розповсюдження;
- можливість додавання нових функцій і отримання відповідно нових можливостей;
- можливість поліпшення IDE. Чим більше людей, які хочуть внести поліпшення, тим легше тестувати нові функції, і, отже, середовище розробки містить менше помилок у роботі [10].

## 4.2. Опис процесу програмної реалізації

Ініціалізація і створення аплету відбувається за допомогою функції `init`. Також для таблиць попарних порівнянь вказується розміри колонок.

`@Override`

```
public void init() {
    /* Create and display the applet */
    try {
        java.awt.EventQueue.invokeLaterAndWait(new Runnable() {
```



```

        public void run() {
            initComponents();
            jTable1.getColumnModel().getColumn(0).setPreferredWidth(120);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(1).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(2).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(3).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(4).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(5).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(6).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(7).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(8).setPreferredWidth(50);
            jTable1.getColumnModel().getColumn(9).setPreferredWidth(80);
            ...
            formula.setVisible(false);
        }
    });
} catch (Exception ex) {
    ex.printStackTrace();
}
}

```

Наступним кроком було оголошено змінні:

```

    CardLayout cl;
    int step = 0, example = 1;
    double ex1maintable_pi[] = {0.175, 0.063, 0.149, 0.019, 0.036, 0.042,
0.167, 0.35};
    double ex1maintable_li[] = {9.61, 8.953, 12.501, 8.872, 8.603, 8.74,
10.352, 9.116};
    double ex1table1_pi[] = {0.754, 0.181, 0.065};
    double ex1table1_li[] = {3.136, 3.136, 3.136};

```

```
double ex1table2_pi[] = {0.333, 0.333, 0.333};
double ex1table2_li[] = {3, 3, 3};
double ex1table3_pi[] = {0.747, 0.06, 0.193};
double ex1table3_li[] = {3.197, 3.197, 3.197};
double ex1table4_pi[] = {0.2, 0.4, 0.4};
double ex1table4_li[] = {3, 3, 3};
...
```

де `cl` – використовується для відображення панелі, `step` – поточний крок алгоритму, `example` – номер задачі. Масиви `ex1maintable_pi[]`, `ex1maintable_li[]`, `ex1table1_pi[]` і т.д. містять значення для перевірки правильності заповнення таблиць.

Важливі аспекти програми було реалізовано за допомогою функцій.

Функція `excelTemplate(int t)` завантажує шаблон вибраного прикладу і відкриває його у MS Excel. Якщо такий файл вже існує, то просто відкриває його. Номер шаблону вказується через параметр `int i`, тобто потрібно вказати номер задачі (див. Додаток А).

Для переходу від тексту задачі до таблиць з розрахунками розроблено `showStep(int i)`, де `int i` – номер панелі.

```
private void showStep(int i) {
    cl =(CardLayout) ua.getLayout();
    cl.show(ua, "step"+i);
}
```

Функція `showText(int i)` змінює текст на панелі з текстом на вказаний параметром `int i` – номер зображення.

```
private void showText(int i) {
    text.setIcon(new
ImageIcon(getClass().getResource("/images/text"+i+".png")));
}
```

Аналогічним чином працює і `showFormula(int i)`, її відмінність – вона змінює розрахункові формули, що відображаються. Параметр `int i` – номер формули.

```
private void showFormula(int i) {
    formula.setIcon(new
ImageIcon(getClass().getResource("/images/formula"+i+".png")));
}
```

Для виведення необхідної таблиці було створено функцію `showTable(String s)`, де `String s` – назва таблиці.

```
private void showTable(String s) {
    cl =(CardLayout) tables.getLayout();
    cl.show(tables, s);
}
```

Щоб відображати повідомлення про помилку і розрахункові формули, якщо було знайдено хоча б одне невірне значення при перевірці, розроблено `showError()`.

```
private void showError() {
    JLabel label = new JLabel("Знайдено помилку! Перевірте
результати розрахунків.");
    label.setBackground(Color.white);
    label.setOpaque(false);
    label.setHorizontalAlignment(SwingConstants.CENTER);
    JOptionPane.showMessageDialog(Main, label, "Помилка",
JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
    formula.setVisible(true);
}
```

Також створено додаткову функцію `clearTextFields()`, що очищує текстові поля.

```
private void clearTextFields() {
    jTextField1.setText("");
    jTextField2.setText("");
    jTextField3.setText("");
}
```

Щоб всі кнопки функціонували потрібним чином на кожну з них створено відповідну подію.

При виборі задачі виконується подія `nextTaskActionPerformed` і виводить умову задачі.

```
private void nextTaskActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) {

    cl =(CardLayout) Main.getLayout();
    cl.show(Main, "ua");
    if(jComboBox1.getSelectedIndex()==0) {
        showText(1);
        example = 1;
        step = 2;
    } else {
        showText(4);
        example = 2;
        step = 50;
    }
    showStep(1);
}
```

Подія `exitActionPerformed` закриває тренажер.

```
private void exitActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
```

```

        System.exit(0);
    }

```

Для кнопок вибору мови реалізовано UKRActionPerformed і ENGActionPerformed. Вони змінюють вміст тренажеру на обрану мову.

```

private void UKRActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    UKR.setText("<html><u><i>Українська</i></u>");
    ENG.setText("<html>English");

    jLabel8.setText("<html><center>Тренажер          з          теми
<br><b>«Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в
методі аналізу ієрархій»</b><br> дистанційного навчального курсу<br>
<b>«Системний аналіз та теорія прийняття рішень»</b></center>");

    nextTask.setText("Вибрати задачу");
    exit.setText("Закрити тренажер");

    jComboBox1.setModel(new
javax.swing.DefaultComboBoxModel<>(new String[] { "Задача купівлі
будинку в сільській місцевості", "Задача про вибір ВНЗ" }));

    ...
}

```

При натисненні на посилання для завантаження шаблону відбувається excelMouseClicked, що використовує функцію excelTemplate(int t) в залежності від вибраної задачі.

```

private void excelMouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {
    if(example==1) {
        excelTemplate(1);
    } else {
        excelTemplate(2);
    }
}

```

Подія `nextTextActionPerformed` на основі поточного кроку алгоритму виводить таблицю для розрахунків. Якщо задачу розв'язано відбувається перехід на стартову сторінку (див. Додаток А).

Щоб відобразити розрахункові формули використовується `showHelpActionPerformed`.

```
private void showHelpActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) {
    formula.setVisible(true);
}
```

Для перевірки введених значень розроблено подію `nextTableActionPerformed`. У разі будь-якої помилки виводяться відповідне повідомлення та формули. В іншому разі – перехід на наступний крок алгоритму (див. Додаток А).

### **4.3. Опис програми**

На стартовій сторінці виводиться тема тренажера, розробник. Пропонується вибрати українську (по замовчуванню) чи англійську мову. Також слід вибрати задачу (рис. 4.1).

При виборі англійської мови зміниться вміст тренажера (рис. 4.2).

Після вибору задачі виведеться її умова.

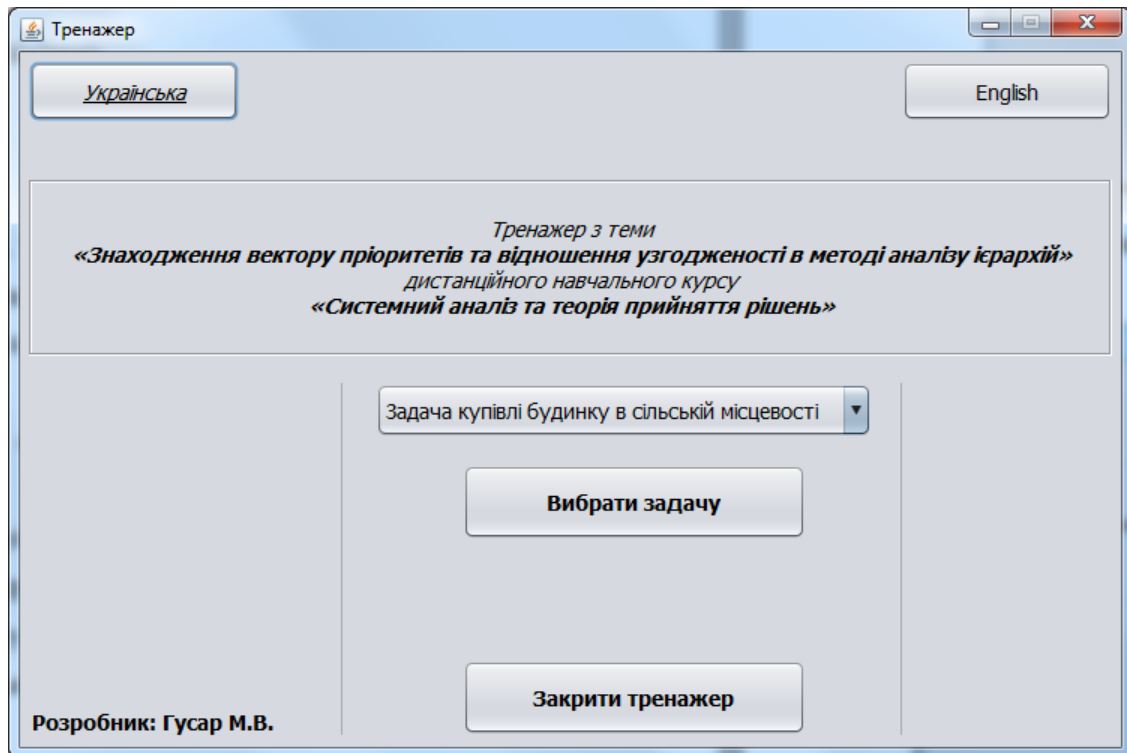


Рисунок 4.1 – Стартова сторінка тренажеру

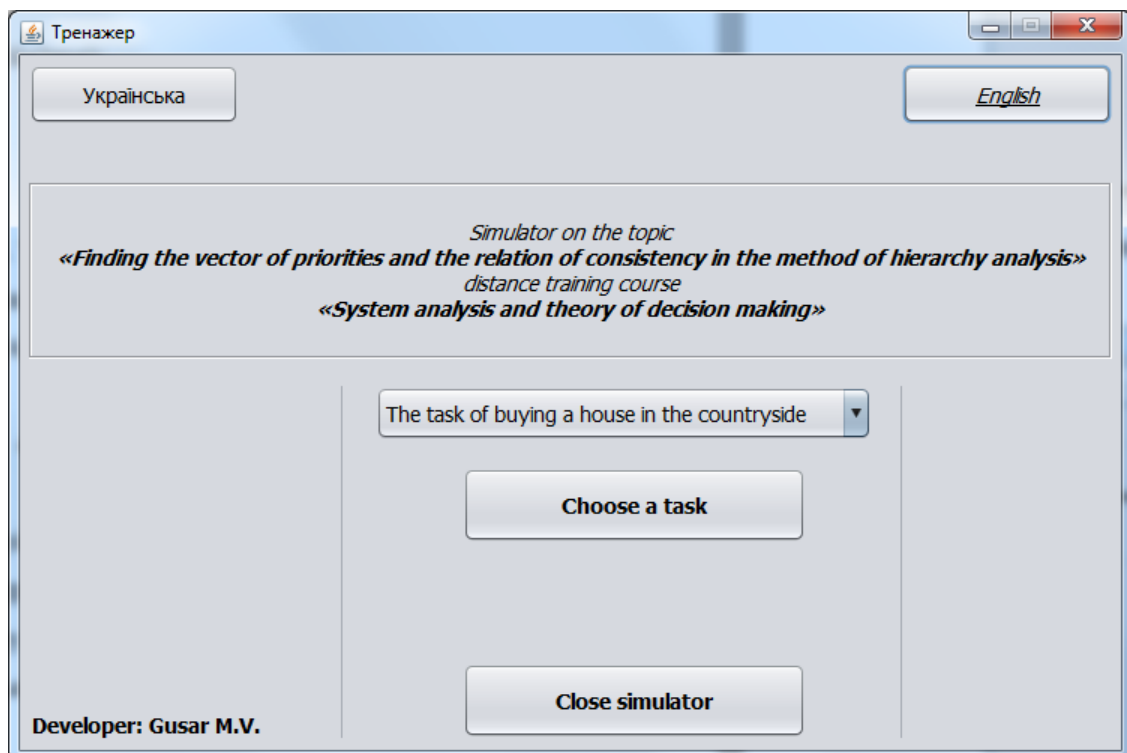


Рисунок 4.2 – Стартова сторінка тренажеру англійською мовою

Якщо було вибрано задачу купівлі будинку, то буде наступна умова (рис. 4.3):

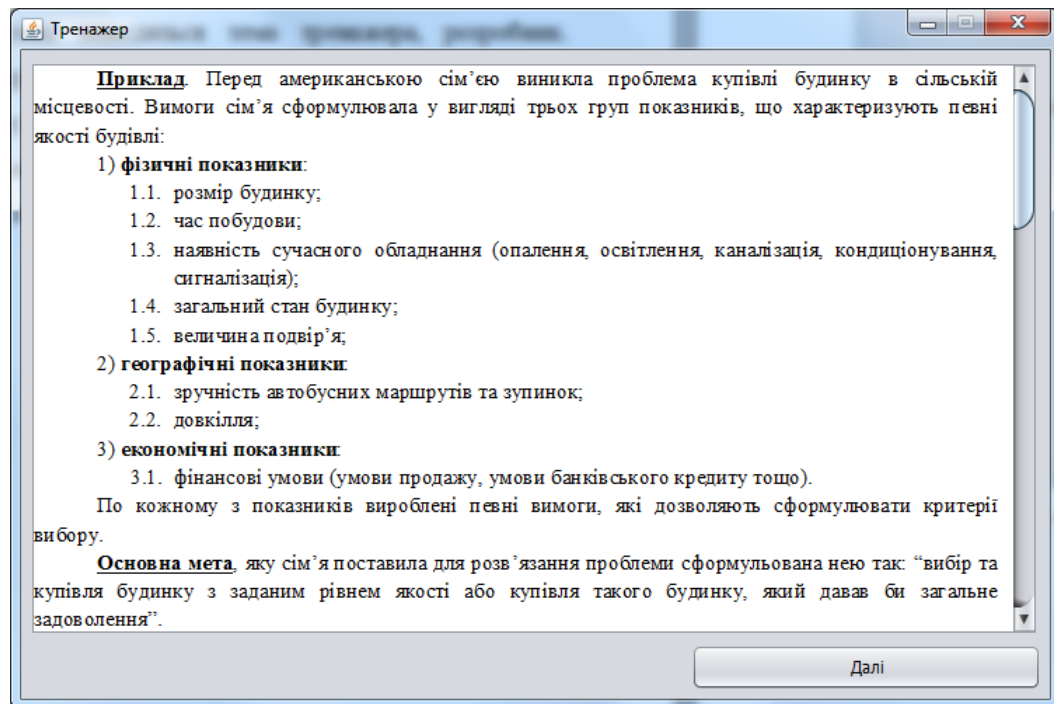


Рисунок 4.3 – Умова задачі купівлі будинку

В іншому разі буде виведена умова задачі про вибір ВНЗ (рис. 4.4).

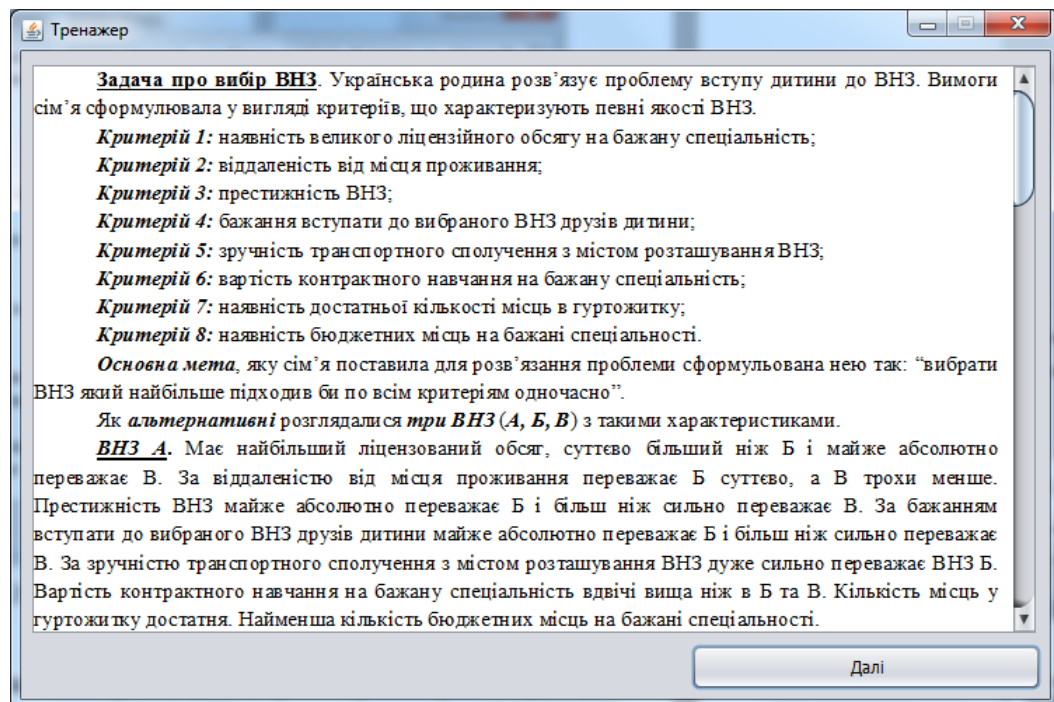


Рисунок 4.4 – Умова задачі купівлі будинку



Після цього пропонується заповнити таблицю попарних порівнянь і вказати параметри узгодженості оцінок (рис. 4.5 – 4.6).

Тренажер

**Увага! Результати розрахунків заокруглювати до трьох знаків після коми!** [Завантажити/відкрити шаблон прикладу в Excel](#)

Задоволення будинком	Крит. 1	Крит. 2	Крит. 3	Крит. 4	Крит. 5	Крит. 6	Крит. 7	Крит. 8	Вектор пріоритетів	$\lambda_i$
Критерій 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	0,175	
Критерій 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,063	
Критерій 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	0,149	
Критерій 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,019	
Критерій 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,036	
Критерій 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,042	
Критерій 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	0,167	
Критерій 8	4	7	5	8	6	6	2	1	0,35	

Параметри узгодженості оцінок:  $\lambda_{\max} =$    $I_U =$    $I_V =$

**Завдання:** Вказати вектор пріоритетів.

[Переглянути розрахункові формули](#) [Перевірити](#)

Рисунок 4.5 – Заповнення таблиці попарних порівнянь

Тренажер

**Увага! Результати розрахунків заокруглювати до трьох знаків після коми!** [Завантажити/відкрити шаблон прикладу в Excel](#)

Задоволення будинком	Крит. 1	Крит. 2	Крит. 3	Крит. 4	Крит. 5	Крит. 6	Крит. 7	Крит. 8	Вектор пріоритетів	$\lambda_i$
Критерій 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	0,175	9,61
Критерій 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,063	8,953
Критерій 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	0,149	12,501
Критерій 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,019	8,872
Критерій 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,036	8,603
Критерій 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,042	8,74
Критерій 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	0,167	10,352
Критерій 8	4	7	5	8	6	6	2	1	0,35	9,116

Параметри узгодженості оцінок:  $\lambda_{\max} =$    $I_U =$    $I_V =$

**Завдання:** Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити  $\lambda_{\max}$

[Переглянути розрахункові формули](#) [Далі](#)

Рисунок 4.6 – Визначення параметрів узгодженості оцінок

Таким чином заповнюються таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (рис. 4.7).

**Тренажер**

*Увага! Результати розрахунків заокруглювати до трьох знаків після коми!* [Завантажити/відкрити шаблон прикладу в Excel](#)

A1	A	Б	В	Pi	Li
A	1	6	8		
Б	1/6	1	4		
В	1/8	1/4	1		

Параметри узгодженості оцінок:  $\lambda_{\max} =$    $I_U =$    $I_V =$

**Завдання:** Вказати вектор пріоритетів.

Рисунок 4.7 – Заповнення таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня

В кінці виводиться результат розв'язання задачі і відбувається перехід на стартову сторінку.

#### 4.4. Інструкція по використанню тренажера

На головній сторінці першим чином слід вибрати мову, на якій буде виводиться вміст тренажера. Після початку проходження тренажера цієї можливості вже не буде.

Щоб закрити тренажер потрібно натиснути кнопку «Закрити тренажер» .

Для того щоб почати проходження необхідно вибрати задачу із списку і натиснути «Вибрати задачу» (рис. 4.8).

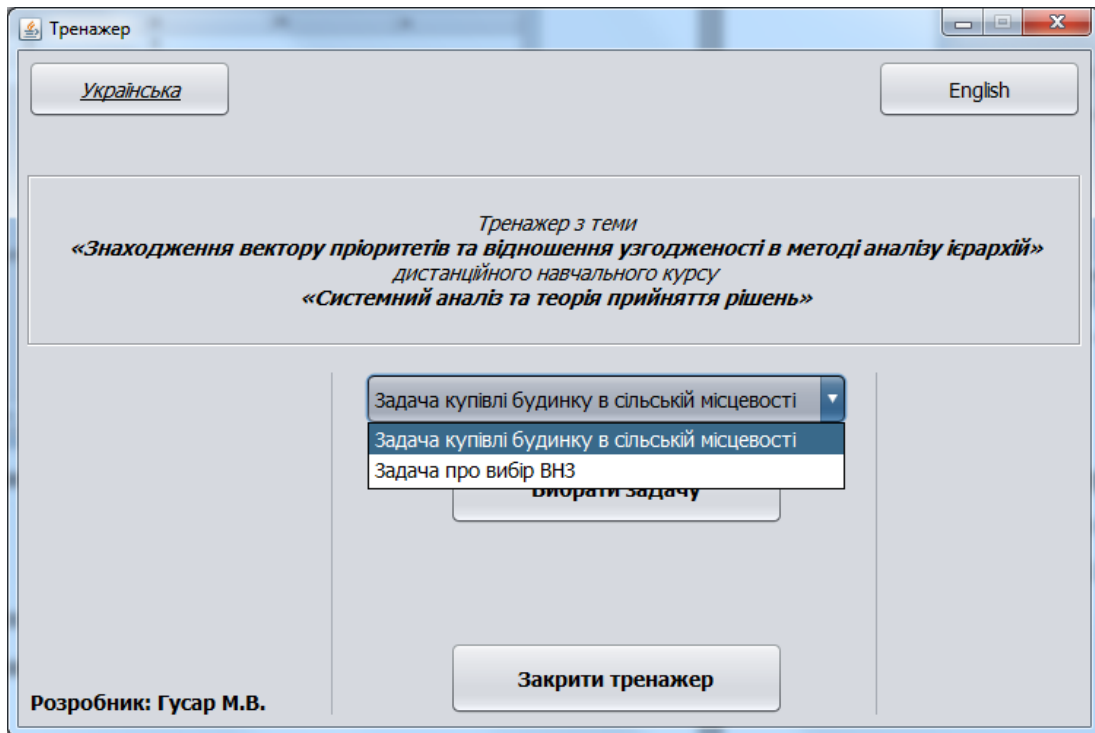


Рисунок 4.8 – Вибір задачі

Після ознайомлення з умовою (рис. 4.3 – 4.4) слід натиснути «Далі». Виведеться таблиця попарних порівнянь факторів і пошагові завдання (рис. 4.5 – 4.6):

- Вказати вектор пріоритетів;
- Вказати  $\lambda_i$ ;
- Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити  $\lambda_{\max}$ ;
- Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити індекс узгодженості;
- Вказати параметри узгодженості оцінок: визначити відношення узгодженості.

Для завантаження шаблону прикладу в Excel необхідно натиснути на відповідне посилання. Після чого він відразу відкриється.

Наступним кроком відображається умова наступного завдання (рис. 4.9).

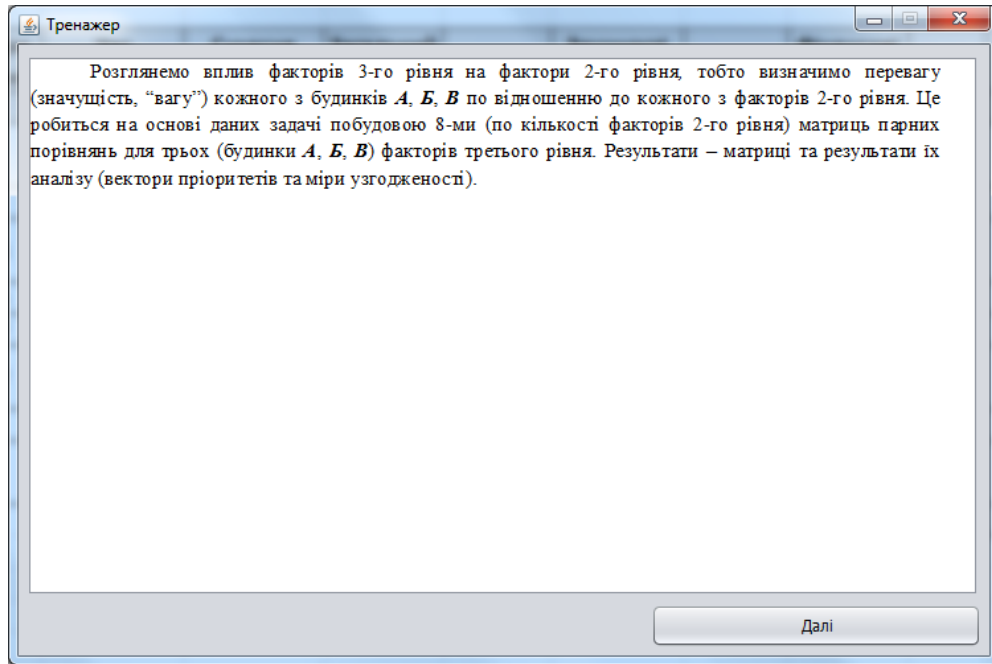


Рисунок 4.9 – Умова насупного завдання

Тепер потрібно заповнити таблиці впливу факторів 3-го рівня на фактори 2-го рівня (рис. 4.7).

Якщо в будь-який момент розрахунків було допущено помилку, то виведеться повідомлення про помилку і відобразяться розрахункові формули (рис. 4.10 – 4.11).

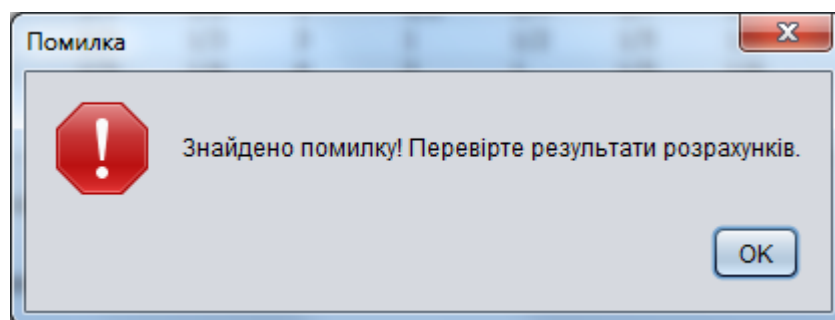


Рисунок 4.10 – Повідомлення про помилку

Тренажер

**Увага! Результати розрахунків заокруглювати до трьох знаків після коми!** [Завантажити/відкрити шаблон прикладу в Excel](#)

Задоволення будинком	Крит. 1	Крит. 2	Крит. 3	Крит. 4	Крит. 5	Крит. 6	Крит. 7	Крит. 8	Вектор пріоритетів	λі
Критерій 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4		
Критерій 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7		
Критерій 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5		
Критерій 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8		
Критерій 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6		
Критерій 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6		
Критерій 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2		
Критерій 8	4	7	5	8	6	6	2	1		

Параметри узгодженості оцінок:  $\lambda_{\max} =$   IU=  VU=

**Завдання:** Вказати вектор пріоритетів.

$$V_i \approx \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i=1,2,\dots,n, \quad P_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad i=1,2,\dots,n$$

[Переглянути розрахункові формули](#) [Перевірити](#)

Рисунок 4.11 – Розрахункові формули

## ВИСНОВКИ

Метою виконаної роботи є створення алгоритму тренажера з теми «Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій» для дистанційного курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень» та закріплення набутих умінь і навичок застосування базових концепцій програмування.

Так як слід розробити тренажер, як складову дистанційного курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень», то було виконано наступні завдання:

- розглянуто роботи із завданням, що аналогічне заданій темі;
- оглянуто основні поняття методу аналізу ієрархій;
- оглянуто приклади застосування методу аналізу ієрархій, приділивши увагу саме знаходженню вектору пріоритетів та відношення узгодженості;
- розроблено алгоритм роботи тренажеру з теми «Знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості в методі аналізу ієрархій» та його блок-схему.

В алгоритмі реалізовано два приклади застосування методу аналізу ієрархій, виділивши більш детально процеси знаходження вектору пріоритетів та відношення узгодженості:

- Задача купівлі будинку в сільській місцевості;
- Задача про вибір ВНЗ.

Серед оглянутих робіт було виділено:

- онлайн-калькулятор «Метод анализа иерархий» порталу «Новый семестр»;
- тези «Розробка тренажеру з теми "Метод аналізу ієрархій" для дистанційного навчання» V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформатика та системні науки»;

- тренажер з теми «Метод гілок та меж в задачі про найкоротший шлях» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій»;
- тренажер з теми «Узагальнене ранжування об'єктів за однією ознакою порівняння без врахування компетентності експертів» дистанційного навчального курсу «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

Ініціалізація і створення аплета відбувається за допомогою функції `init`. Також для таблиць попарних порівнянь вказується розміри колонок.

Важливі аспекти програми було реалізовано за допомогою функцій.

Щоб всі кнопки функціонували потрібним чином на кожну з них створено відповідну подію.

Для можливості використання програми при викладанні даної дисципліни іноземним студентам для перевірки і закріплення знань реалізовано вибір мови: українська та англійська.

Результати роботи були опубліковані у Збірнику наукових статей магістрів Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі».





## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ємець О. О. Методичні рекомендації до виконання дипломної роботи для студентів ступеня магістра спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / О.О.(Олег) Ємець. – Полтава : РВВ ПУЕТ, 2018. – 35 с.
2. Ємець О. О. Методичні рекомендації щодо оформлення пояснювальних записок до курсових проектів (робіт) для студентів напряму підготовки «Інформатика» і спеціальності «Соціальна інформатика» / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : РВВ ПУЕТ, 2014. – 68 с.
3. Онлайн-калькулятор «Метод аналізу ієрархій» [Електронний ресурс] // Портал «Новий семестр». - Режим доступу:  
<https://axd.semestr.ru/upr/hierarchies.php>.
4. Ставковий М.Ю. Розробка тренажеру з теми "Метод аналізу ієрархій" для дистанційного навчання / М.Ю. Ставковий // Інформатика та системні науки (ІСН-2014) : матеріали V Всеукр.-наук.-практ. конф., (м. Полтава, 13–15 березня 2014 р.). – Полтава: ПУЕТ, 2014. – С. 296-298. - Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2843>
5. Дистанційний курс «Методи оптимізації та дослідження операцій (Частина 2) [Електронний ресурс] // Головний центр дистанційного навчання вищого навчального закладу УКООПСІЛКИ «Полтавський університет економіки і торгівлі»». – Режим доступу:  
<http://www2.el.puet.edu.ua/st/course/view.php?id=1486>
6. Дистанційний курс «Системний аналіз та теорія прийняття рішень. Частина 2 (2019)» [Електронний ресурс] // Головний центр дистанційного навчання вищого навчального закладу УКООПСІЛКИ «Полтавський університет економіки і торгівлі»». – Режим доступу:  
<http://www2.el.puet.edu.ua/st/course/view.php?id=925>
7. Рогоза М. Є. Системи підтримки прийняття рішень: навч. пос. / М.Є. Рогоза, О.О. Ємець, Є.М. Ємець. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2013. – 328 с.

8. Ємець О.О. Системний аналіз та прийняття рішень: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напряму підготовки 6.040302 «Інформатика» / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава: ПУЕТ, 2013. – 18 с.
9. Копитко М.Ф. Основи програмування мовою Java: Тексти лекцій / М.Ф. Копитко, К.С. Іванків – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. – 83 с.
10. Калініченко А.В. Порівняння інтегрованих середовищ розробки додатків JAVA із відкритим кодом: ECLIPSE та INTELLIJ IDE / А.В. Калініченко // FOSS Lviv-2013 : матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції. – Львів, 2013. – С. 73-75. - Режим доступу: [http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/6592/2/FOSSLviv\\_2013\\_Kalinichenko\\_A\\_V-Comparison\\_integrated\\_73-75.pdf](http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/6592/2/FOSSLviv_2013_Kalinichenko_A_V-Comparison_integrated_73-75.pdf)
11. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання: ДСТУ 7.1-2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с.

**ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ**